

## Futures Studies on Artificial Intelligence Development in Iran: A Scenario Planning Approach

Hossein Mohebbi 

Assistant Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Human Sciences, Meybod University, Meybod, Iran.

Saeid Torfi 

Masters student of Industrial Management, Department of Industrial Management, Meybod University, Meybod, Iran.

### ssstr act

Artificial Intelligence (AI), as one of the most transformative emerging technologies, is rapidly evolving and reshaping various sectors. For Iran, as a developing country, understanding the future trajectories of AI and implementing strategic planning for its optimal development are of critical importance. This study aims to explore the future of AI development in Iran using a structural scenario planning approach with a horizon set to 2035. The research is applied in nature and employs a descriptive-survey method for data collection. The statistical population includes university professors, managers, and experts in the AI industry. Unlike previous studies that primarily focused on specific domains of AI, this research adopts a comprehensive and national-level perspective, introducing the first structural scenario framework for AI development in Iran. It identifies and analyzes four key scenarios: the AI Vacuum, the AI Renaissance, the AI Mirage, and AI Transactions. These scenarios are built upon the analysis of critical driving forces, such as governmental policies, advanced technological infrastructure, challenges of technological singularity, geopolitical dynamics, innovation accelerators, and AI applications across industries. The findings reveal that the future

– Corresponding Author: H.Mohebbi@Meybod.ac.ir

**How to Cite:** Mohebbi, H., Torfi, S. (2025). Futures Studies on Artificial Intelligence Development in Iran: A Scenario Planning Approach, *Journal of Business Intelligence Management Studies*, 14(53), 159-204. DOI: 10.22054/ims.2025.84715.2597

development of AI in Iran is highly dependent on governmental support and the advancement of appropriate infrastructure. While critical scenarios demand immediate policy intervention, the more desirable ones offer significant opportunities for sustainable AI growth. These scenarios can serve as a foundation for designing targeted policy strategies, such as a national AI roadmap and the restructuring of innovation support systems, thereby providing a structured framework for decision-making under conditions of uncertainty.

### **1. Introduction**

Artificial intelligence (AI) has become a transformative force in the Fourth Industrial Revolution, reshaping scientific, industrial, and societal landscapes. While offering significant opportunities, its rapid evolution introduces challenges exacerbated by political instability, demanding adaptive planning frameworks. Traditional methods, ineffective in addressing AI's dynamic progression, necessitate re-evaluation. Proactive strategies emphasizing uncertainty management and scenario-based foresight are critical to navigating unpredictable technological trajectories. This study investigates AI's future development in Iran, employing structural analysis (Micmac) to identify key drivers and scenario impact analysis (Scenario Wizard) to formulate plausible futures. By analyzing uncertainties, opportunities, and threats, the research aims to support policymakers in crafting sustainable AI strategies.

#### **Research Question(s):**

1. What key drivers shape Iran's AI development, as identified through Micmac structural analysis?
2. Which robust scenarios emerge from impact analysis (Scenario Wizard) to guide Iran's AI future?

### **2. Literature Review**

Effective AI planning requires addressing uncertainties in technological adoption and advancement. Scenario-based foresight enables the creation of credible future projections, enhancing decision-making accuracy. By mapping diverse scenarios, policymakers can devise resilient strategies to mitigate risks and leverage opportunities. This approach is particularly vital for Iran,

where strategic planning must reconcile AI's potential with socio-political complexities. The study underscores the need to identify pivotal drivers such as policy frameworks, technological infrastructure, and international collaboration to define actionable pathways for AI integration.

### 3. Methodology

This applied mixed-methods study combines qualitative and quantitative approaches to investigate AI's future development in Iran, adopting a descriptive-survey design that integrates documentary analysis and field research. The methodology employs structural analysis (via Micmac software) to map key drivers and cross-impact analysis (via Scenario Wizard) to model plausible scenarios. Non-probability purposive sampling targeted 12 experts—three academics in AI/futures studies and nine public/private sector professionals with  $\geq 5$  years of experience and advanced degrees. Data collection included literature reviews, semi-structured interviews, and three structured questionnaires:

Questionnaire A: Evaluates drivers' importance/uncertainty using a 5-point Likert scale.

Questionnaire B: Prioritizes critical drivers via pairwise comparisons for Micmac analysis.

Questionnaire C: Explores driver interdependencies through Scenario Wizard to generate future scenarios.

The triangulation of library sources, expert insights, and analytical tools ensures robust exploration of AI's developmental pathways in Iran.

### 4. Results

In this section, the study aims to narrate and describe each scenario using findings from studies, interviews, and expert opinions. Each scenario's descriptive narrative is constructed based on qualitative insights from experts, and the outcomes are assessed through experts' reviews.

Scenario 1: "AI Vacuum (Recession and Crisis in AI Development)"

Characterized by systemic stagnation due to weak governmental support, fragmented strategies, and international isolation. Declining

investments, brain drain, and underdeveloped infrastructure hinder innovation. Singularity risks (e.g., privacy breaches) and sanctions exacerbate technological marginalization, limiting AI's role in critical sectors.

Scenario 2: "AI Renaissance (Sustainable and Leading Prospects in AI Development)"

A thriving ecosystem driven by robust state policies, foreign investments, and advanced infrastructure. Strategic legal frameworks mitigate singularity risks, while international collaborations accelerate knowledge transfer. Innovation hubs enable scalable AI applications, boosting productivity and cost efficiency across industries.

Scenario 3: "Mirage of AI (Gradual Growth and Uneven Development in AI)"

Uneven progress marked by inconsistent policies, data accessibility challenges, and regional disparities. Partial advancements occur through isolated innovation centers, but reliance on foreign technologies and sanctions stifle growth, resulting in fragmented and unsustainable development.

Scenario 4: "AI Transactions (Balanced Growth with Emphasis on International Collaborations in AI Development)"

This scenario presents a balanced growth through moderate policy support, geopolitical engagement, and regional innovation clusters. While infrastructure development is uneven, strategic international partnerships and foresight in managing technological risks foster coherent, sustainable AI integration in priority sectors.

## 5. Discussion

Compared to previous studies, this research focuses comprehensively on the future development of artificial intelligence (AI) through a scenario planning approach using the Scenario Wizard method. Other studies have primarily addressed the future of specific sectors or domains within AI, such as the impact of AI on education, healthcare, etc., and have not employed the Scenario Wizard method. Examples include research by Mirzaei (2024), Fartash et al. (2024), Mohammadi-Zanjireh et al. (2023), and Menzies et al. (2024). Therefore, while this research analyzes some general drivers in line with the aforementioned studies, these studies have investigated AI foresight in specific domains and presented scenarios in a more

focused manner. In contrast, the present research develops four robust and plausible scenarios for the comprehensive and all-encompassing development of AI.

## 6. Conclusion

Consequently, it can be concluded that the trajectory of AI development in Iran is highly dependent on the interaction and coordination of various key factors. The destiny of AI in Iran is not a predetermined path, but a choice shaped by current decisions and actions. If Iran can accurately identify its strengths in this area, improve its infrastructure, establish effective supportive policies, and enhance international collaborations, it can move closer to the fourth scenario ("AI Transactions"). This scenario presents a positive vision of sustainable and balanced AI development in Iran, where the technology contributes to improving the quality of life, increasing economic productivity, and addressing social challenges. However, achieving this goal requires a comprehensive, all-encompassing, realistic, and efficient program. Thus, the future of AI in Iran hinges on a strategic choice: a choice between an active and coordinated approach leading to sustainable development or a passive and fragmented approach that squanders opportunities. Based on the research findings, it can be stated that each scenario presents different opportunities and threats for the future development of AI in Iran.

**Keywords:** Futures studies, Scenario planning, Cross-impact analysis, Artificial.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



## آینده پژوهی توسعه هوش مصنوعی در ایران با رویکرد سناریونویسی

حسین محبی \* استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران.

سعید طرفی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران.

### چکیده

هوش مصنوعی به عنوان یکی از پیشروترین فناوری‌ها با سرعتی فزاینده در حال تحول است. ایران، به عنوان کشوری در حال توسعه، نیازمند درک عمیق از مسیرهای آینده این فناوری و برنامه‌ریزی راهبردی برای بهره‌گیری بهینه از آن است. پژوهش حاضر باهدف بررسی آینده توسعه هوش مصنوعی در ایران، با رویکرد سناریونویسی ساختاری در افق ۱۴۱۴ انجام شده است. روش‌شناسی پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و برحسب نحوه گردآوری داده‌ها توصیفی-پیمایشی است. جامعه آماری پژوهش، اساتید، مدیران و خبرگان صنعت هوش مصنوعی هستند. برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً بر حوزه‌های خاصی از هوش مصنوعی متمرکز بودند، این پژوهش با نگاهی جامع و در سطح ملی، نخستین چارچوب سناریونویسی مبتنی بر تحلیل ساختاری که منجر به تدوین چهار سناریوی خلأ هوش مصنوعی، رنسانس هوش مصنوعی، سراب هوش مصنوعی و معاملات هوش مصنوعی شد را ارائه می‌دهد. این سناریوها برپایه تحلیل پیشران‌های کلیدی همچون سیاست‌ها و حمایت‌های دولتی، زیرساخت‌های پیشرفته فناوری، چالش‌های تکنیکی فناوری، تأثیرات ژئوپلیتیک، رصدخانه‌ها و شتاب‌دهنده‌های فناوری و نیز کاربردهای هوش مصنوعی در صنایع تدوین شده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که آینده توسعه هوش مصنوعی در ایران تا حد زیادی به حمایت‌های دولتی و توسعه زیرساخت‌های مناسب وابسته است. سناریوهای بحرانی نیازمند مداخلات فوری در سیاست‌گذاری ملی بوده، در حالی که سناریوهای مطلوب فرصت‌هایی را برای توسعه پایدار هوش مصنوعی در کشور فراهم می‌کنند. این سناریوها می‌توانند مبنای طراحی استراتژی‌های سیاستی مشخص مانند تدوین نقشه‌راه ملی توسعه هوش مصنوعی و بازطراحی نظام‌های حمایتی فناوری قرار گیرند و چارچوبی تحلیلی برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت فراهم سازند.

کلیدواژه‌ها: آینده‌پژوهی، سناریونویسی، تحلیل اثرات متقابل، هوش مصنوعی.

## مقدمه

هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از فناوری‌های کلیدی و تحول‌آفرین در انقلاب صنعتی چهارم، نقشی فزاینده در شکل‌دهی به آینده جوامع ایفا می‌کند. این فناوری با قابلیت‌های بی‌سابقه در پردازش داده، یادگیری ماشینی و تصمیم‌گیری هوشمند، در حال تغییر بنیادین بسیاری از عرصه‌های اجتماعی، اقتصادی، علمی و امنیتی است. برخلاف برخی فناوری‌های نوظهور که رشد آن‌ها تدریجی بوده، توسعه هوش مصنوعی با سرعتی نامایی در حال گسترش است و دولت‌ها، صنایع و نهادهای علمی جهان به‌طور فزاینده‌ای برای بهره‌گیری راهبردی از آن برنامه‌ریزی می‌کنند (تراجیلو کابزاس، ۲۰۲۴). تحولات فناورانه همواره در بستری از تغییرات سیاسی و بی‌ثباتی محیطی رخ می‌دهند. در چنین شرایطی، ضرورت تجهیز رهبران و سیاست‌گذاران به ابزارهای پیش‌بینی آینده و برنامه‌ریزی در سطوح بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت بیش‌ازپیش آشکار شده است (چرمچی و همکاران، ۱۴۰۲). در این میان، ایران به‌عنوان کشوری در حال توسعه، با چالش‌ها و فرصت‌های خاص خود در مسیر بهره‌برداری از این فناوری مواجه است. درحالی‌که ظرفیت‌های علمی، نیروی انسانی متخصص و برخی زیرساخت‌های فنی در کشور وجود دارد، اما نبود چشم‌انداز کلان و رویکرد آینده‌نگرانه در سیاست‌گذاری‌ها می‌تواند موجب گسست راهبردی در توسعه هوش مصنوعی شود (ضیغمی و همکاران، ۱۴۰۳). در جهانی که با مؤلفه‌هایی نظیر بی‌ثباتی، عدم قطعیت، پیچیدگی و ابهام فزاینده روبه‌رو است، اتخاذ رویکردی فعالانه و نظام‌مند برای مواجهه با تحولات فناورانه، به‌ویژه در حوزه هوش مصنوعی، ضرورتی انکارناپذیر به‌شمار می‌رود (فو و همکاران، ۲۰۲۵). در این راستا، توجه به عدم قطعیت‌ها و پیش‌بینی‌ناپذیری پذیرش و توسعه هوش مصنوعی، از مهم‌ترین ملاحظات در برنامه‌ریزی آینده است. تحلیل فرصت‌ها و تهدیدهای ناشی از این عدم قطعیت‌ها، می‌تواند مسیر توسعه و پیاده‌سازی مؤثر این فناوری را تسهیل کند (میرزایی، ۱۴۰۳).

بر اساس نظریه‌های پیشرو در آینده‌پژوهی، نظریه سه‌گانگی آینده‌ها (آینده‌های ممکن، محتمل و مطلوب) بر این اصل استوار است که آینده صرفاً امتداد خطی گذشته

نیست، بلکه حاصل تعامل پیچیده‌ای از روندهای ساختاری، انتخاب‌های راهبردی و ارزش‌های اجتماعی است (عنایت‌الله، ۲۰۰۸). همچنین، نظریه تحلیل لایه‌ای علت‌ها (CLA) با تفکیک چهار سطح تحول شامل رویدادها، ساختارها، گفتمان‌ها و اسطوره‌ها امکان واکاوی لایه‌های عمیق‌تر تغییرات اجتماعی و فناوریانه را فراهم می‌آورد (عنایت‌الله، ۲۰۰۴). در کنار این رویکردهای مفهومی، مدل تحلیلی STEEP (عوامل اجتماعی، فناوریانه، اقتصادی، زیست‌محیطی و سیاسی) به‌عنوان چارچوبی ساختارمند در ادبیات آینده‌پژوهی، امکان شناسایی پیشران‌های کلان و طراحی سناریوهای چندگانه را فراهم می‌سازد (فاهی و رندال، ۱۹۹۷). ترکیب این مدل‌ها با رویکرد سناریونویسی ساختاری مبتنی بر تحلیل روابط متقابل پیشران‌ها، امکان مواجهه راهبردی با عدم قطعیت‌های محیطی را فراهم می‌سازد (ون در هایدن، ۲۰۰۵). رویکرد سناریونویسی یک روش سیستماتیک و مشارکتی برای شناسایی، تحلیل و آمادگی در برابر آینده‌های محتمل است. این رویکرد نه برای پیش‌بینی آینده، بلکه برای کاهش غافل‌گیری و افزایش تاب‌آوری در برابر عدم قطعیت‌ها طراحی شده است (فرتاش و همکاران، ۱۴۰۳). این رویکرد امکان ترسیم طیف گسترده‌ای از آینده‌های باورپذیر را فراهم می‌کند و سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی مبتنی بر چنین سناریوهایی، موجب افزایش دقت و قابلیت اطمینان تصمیمات خواهد شد. از سوی دیگر، بهره‌گیری از آینده‌نگاری سناریومحور، پژوهشگران را در تدوین راهبردهای کارآمد برای مواجهه با تحولات آینده یاری خواهد کرد (فخرایی و کی‌قبادی، ۱۳۹۳). از این‌رو، بررسی آینده توسعه هوش مصنوعی در ایران و شناسایی مسیرهای محتمل آن می‌تواند به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران در برنامه‌ریزی برای آینده‌ای پایدار و کارآمد کمک کند.

باوجود پژوهش‌های متعدد بین‌المللی درباره آینده هوش مصنوعی که نقش این فناوری را در دگرگونی ساختارهای اقتصادی، اجتماعی و صنعتی کشورها تحلیل کرده‌اند، مانند تراجیلو کابزاس (۲۰۲۴) در زمینه بی‌ثباتی اجتماعی، منزیس و همکاران (۲۰۲۴) در حوزه تجارت بین‌الملل و الهی و همکاران (۲۰۲۳) در زمینه شهرهای هوشمند، در ادبیات

داخلی هنوز رویکردی یکپارچه و مبتنی بر سناریونویسی برای آینده توسعه هوش مصنوعی در سطح ملی دیده نمی‌شود. در ایران برخی پژوهش‌های محدود مانند میرزایی (۱۴۰۳)، ضیغمی و همکاران (۱۴۰۳) و محمدی‌زنجیره و همکاران (۱۴۰۲) به آینده هوش مصنوعی در زمینه‌های خاصی از جمله زیست انسانی، حکمرانی و آموزش پرداخته‌اند و تدوین سناریوها را با متدولوژی متفاوت از این پژوهش ارائه دادند.

حال، باتوجه به اینکه مطالعات محدودی در حوزه‌های مرتبط با آینده پژوهی هوش مصنوعی در ایران انجام شده است، اما بررسی‌های انجام‌شده حاکی از آن است که تاکنون پژوهشی که به‌طور خاص، یک چارچوب آینده پژوهی جامع را با رویکرد سناریونویسی ساختاری، به‌منظور تحلیل مسیرهای محتمل توسعه هوش مصنوعی در سطح ملی ارائه دهد، در ادبیات پژوهشی یافت نشده است. ازاین‌رو، مطالعه حاضر با نگاهی جامع به آینده توسعه هوش مصنوعی در ایران و با بهره‌گیری از رویکرد سناریونویسی، سعی در پرکردن این شکاف تحقیقاتی دارد؛ بنابراین، هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و تعیین پیشران‌های کلیدی و مؤثر در ده سال آتی توسعه هوش مصنوعی در ایران، به‌منظور تعریف سناریوهای محوری و ترسیم آینده‌های بدیل برای توسعه هوش مصنوعی در کشور است. این امر باهدف نهایی حرکت به سمت فناوری‌های نوظهور و پیشرفته در ایران و کمک به توسعه پایدار و همه‌جانبه کشور صورت می‌گیرد؛ به‌عبارت‌دیگر، این پژوهش تلاش دارد تا با ارائه یک چارچوب پیشنهادی و سناریوهای مبتنی بر آن، بستری را برای برنامه‌ریزی استراتژیک و سیاست‌گذاری آگاهانه در حوزه هوش مصنوعی فراهم آورد تا از این طریق، ضمن کاهش عدم قطعیت‌ها، به توسعه هدفمند و مؤثر این فناوری در راستای منافع ملی کمک نماید.

### پیشینه پژوهش

برای استخراج و شناسایی پیشران‌های مرتبط با موضوع پژوهش، از روش مرور نظام‌مند به شرح ذیل استفاده شد.

گام ۱: جهت مرور نظام‌مند باهدف شناسایی پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر آینده توسعه هوش مصنوعی، سؤال اصلی پژوهش به این صورت تدوین شد: «چه آینده‌های بدیلی در

توسعه هوش مصنوعی تدوین شده است و در مطالعات پیشین چگونه تدوین شده‌اند؟»  
گام ۲: در پژوهش حاضر جهت بررسی مطالعات مرتبط با پیشران‌های فناوری هوش مصنوعی، بازه زمانی (۲۰۲۱ الی ۲۰۲۴) و در مقالات مرتبط با به پیشران‌های فناوری‌های نوظهور بازه زمانی (۲۰۱۵ الی ۲۰۲۴) در نظر گرفته شد.

گام ۳: برای انتخاب مطالعات پیشین مناسب، معیارهای زیر در نظر گرفته شد:

- معیارهای ورود:

≠ مقالات منتشرشده در مجلات معتبر علمی (شامل علمی پژوهشی داخلی، ISI، Scopus).

≠ مقالاتی که به پیشران‌های فناوری هوش مصنوعی پرداخته‌اند.

≠ مقالاتی که از روش‌های علمی تحلیل آینده‌پژوهی (مانند سناریونویسی، تحلیل روند و تحلیل ساختاری) استفاده کرده‌اند.

- معیارهای خروج:

≠ مقالاتی که صرفاً به سیاست‌های کلی هوش مصنوعی بدون تمرکز بر توسعه ملی یا سناریونویسی پرداخته‌اند.

≠ مطالعاتی که تمرکز آن‌ها بر فناوری‌های سنتی یا غیرمرتبط با آینده‌پژوهی بوده است.

≠ مقالاتی که فاقد داده‌های تحلیلی کافی برای استنتاج پیشران‌ها بوده‌اند.

گام ۴: جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی زیر انجام شد:

- پایگاه‌های داخلی: SID، Magiran، Civilica، Ganj.

- پایگاه‌های بین‌المللی: Scopus، Web of Science، ScienceDirect، Google Scholar.

گام ۵: در این مرحله برای پیدا کردن مقالات مرتبط در پایگاه‌های اطلاعاتی از ترکیب

کلیدواژه‌های زیر برای جستجوی مقالات استفاده شد:

("Development of artificial intelligence" OR "The future of artificial intelligence") AND ("Artificial intelligence development scenarios" OR "Emerging Trends").

گام ۶: غربال‌گری مطالعات در دو مرحله انجام شد:

- غربال‌گری اولیه: حذف مقالات تکراری و نامرتبط پس از بررسی عناوین و چکیده‌ها.
- غربال‌گری ثانویه: بررسی دقیق‌تر مقالات بر اساس متن کامل، به‌منظور تأیید تناسب آن‌ها با سؤال پژوهش.

پس از جستجو و بررسی حدود ۵۵ پژوهش اولیه، در مرحله اول غربال‌گری (بر اساس عنوان و چکیده)، ۱۸ مقاله به دلیل بی‌ارتباطی موضوعی با سناریونویسی یا تمرکز صرف بر کاربردهای فنی حذف شدند. در مرحله دوم، بررسی متن کامل ۳۷ مقاله انجام شد که در این مرحله نیز ۱۶ مقاله به دلایل: عدم تمرکز بر ایران (۷ مقاله)، روش غیرمبتنی بر آینده‌پژوهی (۴ مقاله)، تکراری بودن (۳ مقاله) و عدم دسترسی به متن کامل (۲ مقاله) حذف شدند. در نهایت ۲۱ مقاله به‌عنوان منابع نهایی وارد تحلیل شدند. لازم به ذکر است که هیچ‌کدام از این پژوهش‌ها، به آینده‌پژوهی توسعه هوش مصنوعی در ایران با رویکرد سناریونویسی نپرداخته‌اند. از این‌رو، بر اساس روش مرور نظام‌مند، مطابق جدول ۱ نگاه اجمالی خواهیم داشت به برخی مطالعات پیشین مرتبط با موضوع پژوهش.

جدول ۱. شناسایی پیشران‌ها

| منبع                   | حوزه تمرکز                           | روش‌شناسی و ویژگی‌ها                                                                                        | نتایج اصلی                                                                                                        | کاستی در مقایسه با پژوهش حاضر                                                                                          |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| تراجیلو کابزاس (۲۰۲۴)  | آینده‌نگاری در بستر بی‌ثباتی اجتماعی | تحلیل مفهومی و مطالعه موردی؛ استفاده از پیش ادراک باشلار و مدل ریاضی مخروط سناریوها؛ رویکرد ترکیبی کیفی-کمی | نمایش ریاضی مسیرهای آینده با استفاده از مدل‌سازی سناریو، تأکید بر بازاندیشی مفروضات تثبیت‌شده با کمک هوش محاسباتی | تمرکز بر جنبه مفهومی و نظری؛ فاقد تمرکز بر ایران و فاقد تحلیل ساختاری پیشران‌ها به‌صورت کاربردی در سطح سیاست‌گذاری ملی |
| منزیس و همکاران (۲۰۲۴) | تجارت بین‌الملل                      | مرور سیستماتیک ۳۷ مقاله؛ تمرکز بر راهبردهای اجتماعی آینده‌پژوهانه                                           | تدوین راهبردهای کلان برای کنترل و پیشرفت AI در جامعه                                                              | فاقد تمرکز بر ایران؛ بدون مدل‌سازی کمی و سناریوسازی ساختاری                                                            |

| منبع                          | حوزه تمرکز        | روش‌شناسی و ویژگی‌ها                                  | نتایج اصلی                                                    | کاستی در مقایسه با پژوهش حاضر                            |
|-------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| کاراسکو و ایسلام (۲۰۲۴)       | آموزش و حمل و نقل | تحلیل آینده‌نگر کاربردها؛ دید بین‌رشته‌ای عمیق        | AI به عنوان فناوری دگرگون‌ساز در فرآیندهای روزمره و صنعتی     | عدم تدوین سناریو و تحلیل ساختاری پیش‌ران‌ها              |
| الاهی و همکاران (۲۰۲۳)        | شهر هوشمند        | سناریونویسی بر پایه تحلیل روندها و پیش‌ران‌ها         | AI کیفیت زندگی شهری را به طور چشمگیر بهبود می‌بخشد            | تمرکز محدود به حوزه شهری؛ فاقد تحلیل اثرات متقابل        |
| مظفر میر و همکاران (۲۰۲۳)     | آموزش پزشکی       | سناریونویسی با تمرکز بر پیش‌ران‌های فنی شناختی        | AI موجب رشد آموزش پزشکی از طریق مدل‌سازی شناختی می‌شود        | فاقد نگاه کلان و چارچوب تصمیم‌سازی ملی                   |
| ژانگ و لوی (۲۰۲۱)             | آینده‌نگاری AI    | مرور تحلیلی با تمرکز بر روندهای اطلاعاتی کلان         | پیش‌بینی‌پذیری AI با استفاده از آینده‌نگاری داده‌محور         | فاقد سناریو و تمرکز بر ایران؛ سطح تحلیل جهانی و عمومی    |
| میرزایی (۱۴۰۳)                | زیست انسانی       | سناریونویسی ارزش‌محور با دسته‌بندی مطلوب / نامطلوب    | AI بر کیفیت زیست انسانی تأثیر مثبت و منفی دارد                | تحلیل محدود به حوزه فردی و اخلاقی؛ فاقد رویکرد ساختاری   |
| فرتاش و همکاران (۱۴۰۳)        | رسانه و فناوری    | اسکن رسانه‌ای و طراحی سناریوهای خوش‌بینانه / بدبینانه | هم‌افزایی انسان و AI در بهترین حالت، سلطه کامل در بدترین حالت | فاقد تحلیل ساختاری و ابزارهای تخصصی آینده‌پژوهی کمی      |
| ضیغمی و همکاران (۱۴۰۳)        | دیدبانی راهبردی   | تحلیل ساختاری و عدم قطعیت در افق ۱۰ ساله              | ارائه الگوی دیدبانی تلفیقی برای آینده AI                      | فاقد تدوین سناریو و نرم‌افزار سناریونویسی                |
| محمدی زنجیره و همکاران (۱۴۰۲) | آموزش هوشمند      | تحلیل پیش‌ران و طراحی سه سناریوی اصلی                 | AI موجب تحول سبک آموزش و حذف برخی مشاغل آموزشی                | تمرکز صرف بر آموزش؛ فاقد سطح ملی و ترکیب روش‌های ساختاری |
| چرمچی و همکاران (۱۴۰۲)        | فناوری‌های آینده  | تحلیل اسنادی و استفاده از گزارش‌های بین‌المللی        | نمایش طیفی از آینده‌های ممکن بر اساس مدل جهانی اقتصاد         | بدون طراحی سناریو رسمی و فاقد تمرکز خاص بر AI یا ایران   |

## روش شناسی

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نوع آمیخته است. هم‌چنین، از نظر چگونگی جمع‌آوری داده‌ها از دسته تحقیقات توصیفی-پیمایشی به حساب می‌آید. شیوه جمع‌آوری داده‌ها شامل مطالعات اسنادی و میدانی (پیمایشی) می‌باشد. برای شناسایی و تحلیل ساختاری پیشران‌های مؤثر بر آینده توسعه هوش مصنوعی در ایران و به جهت تدین سناریوهای محوری از رویکرد مروری در ادبیات موضوع و روش تحلیل ساختاری با استفاده از نرم‌افزار میک‌مک (نسخه ۵,۳,۰) و روش تحلیل اثرات متقابل با استفاده از نرم‌افزار سناریوویزارد (نسخه ۴,۳) بهره گرفته شده است. در پژوهش حاضر نمونه آماری از طریق نمونه‌گیری غیراحتمالی قضاوتی (هدفمند) انتخاب شدند، زیرا تعداد افراد دارای ویژگی یا دسترسی به آن‌ها در زمینه مورد مطالعه، محدود است. در پژوهش حاضر با رویکرد تحلیل ساختاری و تحلیل اثرات متقابل از روش نمونه‌گیری قضاوتی (هدفمند) و با شرط در دسترس بودن، نمونه‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که تا حد امکان ویژگی‌های جامعه واقعی، رعایت شود. بر اساس مطالعات پیشین در این زمینه، بین ۸ تا ۱۶ نفر خبره برای دستیابی به نتایج قابل‌اتکا کافی است (قیاسی‌فرد و همکاران، ۱۴۰۱). به‌منظور تعیین تعداد خبرگان در مصاحبه‌ها، از رویکرد اشباع نظری استفاده شد. برای این منظور، پس از هر مصاحبه، داده‌ها با روش کدگذاری دستی مبتنی بر چارچوب مفهومی اولیه بدین‌صورت تحلیل شدند: ابتدا بر اساس ادبیات آینده‌پژوهی فناوری‌ها، یک چارچوب مفهومی اولیه شامل ۵ دسته پیشران (فناورانه، اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و محیطی) تعریف شد؛ سپس مفاهیم کلیدی، تکرارشونده یا دارای وزن تحلیلی بالا در هر مصاحبه و هر مقاله، به‌صورت دستی به‌طور مستقل استخراج، مقایسه و در این چارچوب جای‌گذاری شدند؛ این کدگذاری تطبیقی در دو مرحله بازبینی شد تا پایایی مفهومی افزایش یابد؛ در مجموع، با انجام مصاحبه دهم، الگوهای تکراری در شناسایی پیشران‌های کلیدی و طبقه‌بندی آن‌ها به‌وضوح نمایان شد و در مصاحبه‌های یازدهم و دوازدهم، مفاهیم جدیدی به مدل پژوهش افزوده نشد. از این‌رو، مطابق با معیار پیشنهادی فرانسیس و همکاران (۲۰۱۰) که توقف پس

از دو مصاحبه بدون ظهور کد جدید را نشانه اشباع می‌داند، تعداد ۱۲ مصاحبه برای تحقق اشباع نظری کافی تشخیص داده شد. سرانجام، تعداد نهایی گروه خبرگان بر اساس نقطه اشباع نظری، ۱۲ نفر شامل ۳ نفر از اعضای هیئت علمی (آشنا به حوزه آینده‌پژوهی و هوش مصنوعی) و ۹ نفر از مدیران و پژوهشگران حوزه هوش مصنوعی در پارک‌های علم و فناوری و مراکز شتاب‌دهنده نوآوری (با حداقل ۵ سال سابقه تخصصی و حداقل مدرک کارشناسی ارشد) تعیین شدند.

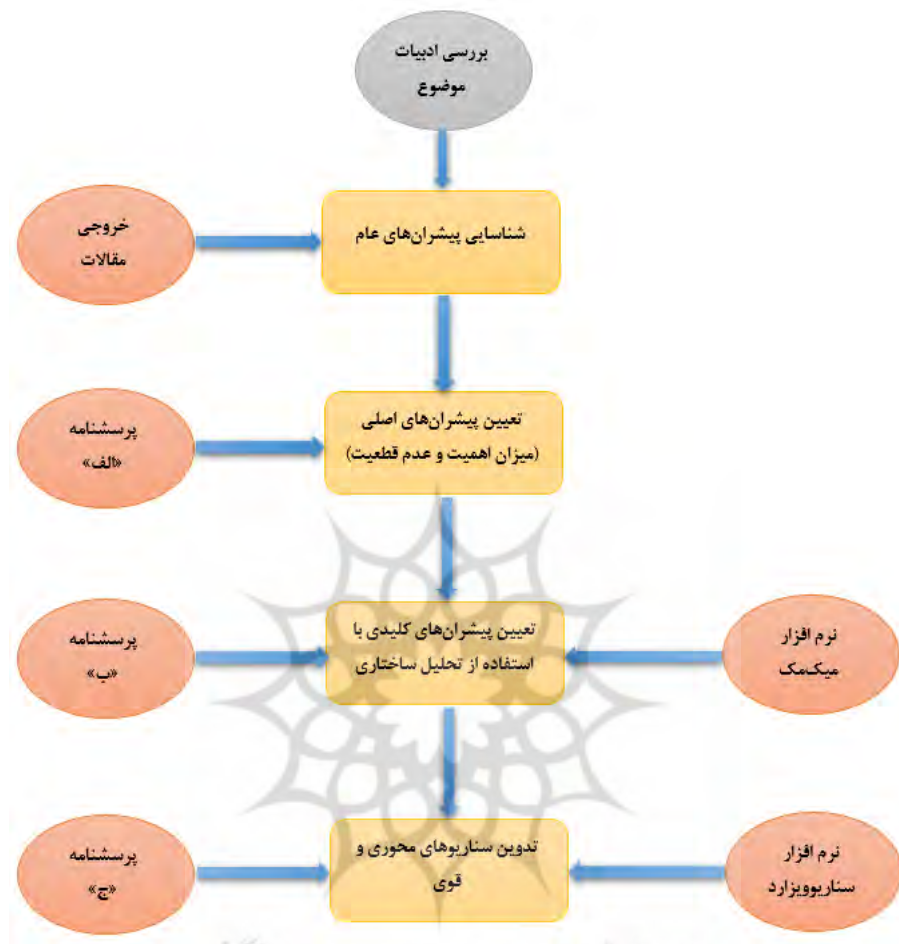
در مطالعه حاضر، با بهره‌گیری از مطالعات کتابخانه‌ای (فیش‌برداری، کتب، پایان‌نامه‌ها و مقالات مرتبط) و مطالعات میدانی (مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و پرسشنامه) نسبت به گردآوری داده‌ها و اطلاعاتی که احتیاج بود، اقدام شد. پرسشنامه‌های تحقیق (مطابق با پیوست) شامل سه پرسشنامه «الف»، «ب» و «ج» است که از قرار زیر است:

پرسشنامه «الف»: در این پرسشنامه پیشران‌هایی که در توسعه هوش مصنوعی به واسطه مطالعات یافت شده‌اند، میزان اهمیت و عدم قطعیت آن‌ها با استفاده از طیف لیکرت پنج-تایی توسط خبرگان مشخص می‌شود.

پرسشنامه «ب»: پرسشنامه دوم مربوط به تحلیل میک‌مک می‌باشد که پیشران‌های اصلی که میزان اهمیت و عدم قطعیت بالایی دارند از طریق مقایسات زوجی موردسنجش قرار می‌گیرد.

پرسشنامه «ج»: پرسشنامه سوم در ارتباط با تحلیل اثرات متقابل (سناریوویزارد) می‌باشد که پیشران‌های کلیدی خروجی از تحلیل میک‌مک را به جهت تدوین سناریوهای محوری موردسنجش قرار می‌دهد.

در ادامه، چارچوب انجام پژوهش در نمودار ۱ ارائه شده است که مراحل انجام آن در بخش یافته‌های پژوهش به صورت تفصیلی شرح داده خواهد شد تا روند انجام پژوهش و تحلیل داده‌ها به طور کامل مشخص شود.



نمودار ۱. چارچوب پژوهش  
پژوهش‌های علمی و فناوری  
رتال جامع علوم انسانی

## یافته‌ها

≠ شناسایی پیشران‌های عام

در ابتدای مرحله تجزیه و تحلیل داده‌ها به شناسایی پیشران‌های توسعه هوش مصنوعی احتیاج است. در این مرحله تعداد قابل توجهی پیشران مطابق با جدول ۲ یافت شد.

جدول ۲. شناسایی پیشران‌ها

| پیشران‌های عام                              | منبع                                                     |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| سیاست‌ها و حمایت‌های دولتی                  | (فرتاش و همکاران، ۱۴۰۳)                                  |
| چارچوب‌های قانونی و اخلاقی                  | (Kopka & Grashof, 2022) و (محمدی زنجیره و همکاران، ۱۴۰۲) |
| همکاری‌های بین‌المللی                       | (مولایی، ۱۴۰۰)                                           |
| توسعه و حفظ منابع انسانی                    | (Awan et al, 2021) و (De Spiegeleire et al, 2017)        |
| توسعه اکوسیستمی استارت‌آپی                  | محقق ساخته                                               |
| زیرساخت‌های پیشرفته فناوری                  | محقق ساخته                                               |
| آینده مشاغل و تنوع جمعیتی                   | (Mohamed Hashim et al, 2021)                             |
| ارتقاء نوآوری استراتژیک و بهره‌وری در صنایع | (Falkenreck & Wagner, 2017) و (Russell & Norvig, 2016)   |
| سرمایه‌گذاری‌های کلان اقتصادی               | (شاد دل، ۱۴۰۲)                                           |
| توانمندسازی اجتماعی و آموزشی                | (Wamba et al, 2021)                                      |
| رصدخانه‌ها و شتاب‌دهنده‌های فناوری          | (Kelly, 2017) و (بشیری، ۱۴۰۰)                            |
| جهانی‌شدن و رقابت استراتژیک                 | (Johnson, 2019)                                          |
| توسعه کاربردهای نظامی و درمانی              | (Dirican, 2015) و (Meiring et al, 2018)                  |
| دستیابی فناوری‌های نوظهور و رباتیک          | (Dellot & Wallace, 2017) و (یوسفی و همکاران ۱۴۰۲)        |
| تقویت دولت الکترونیک و زیرساخت‌های هوشمند   | (محمدحسینی و همکاران، ۱۳۹۹)                              |
| رقابت و چانه‌زنی کشورها در سطح جهانی        | (مولایی، ۱۴۰۰)                                           |
| ارزیابی پیامدهای اقتصادی و اجتماعی          | (Wamba et al, 2021) و (فرتاش و همکاران، ۱۴۰۳)            |
| چالش‌های تکنیکی فناوریانه                   | (Wajcman, 2017)                                          |
| تحریم‌های بین‌المللی                        | (مولایی ۲۰۲۲) و (فرتاش و همکاران ۱۴۰۳)                   |
| تأثیرات ژئوپلیتیک                           | محقق ساخته                                               |
| فرهنگ‌سازی و پذیرش عمومی                    | (Kopka & Grashof, 2022) و (Wajcman, 2017)                |
| پایداری و مسئولیت‌پذیری محیط‌زیستی          | (Mohamed Hashim et al, 2021)                             |
| کاربردهای هوش مصنوعی در صنایع اولویت‌دار    | محقق ساخته                                               |
| امنیت سایبری و شفافیت در داده‌ها            | (Dirican, 2015) و (Meiring et al, 2018)                  |

| منبع                                                       | پیشران های عام           |
|------------------------------------------------------------|--------------------------|
| (De Jonge et. all, 2019) و (Mohammad Hashim et. all, 2021) | روندهای جهانی هوش مصنوعی |

#### ≠ شناسایی پیشران های اصلی (تعیین میزان اهمیت و میزان عدم قطعیت)

در این مرحله از تجزیه و تحلیل داده ها از پرسشنامه «الف» با ۲۵ سؤال مربوط به پیشران اولیه و طیف لیکرت پنج تایی استفاده شد. با توجه به میزان اهمیت و میزان عدم قطعیت، تعدادی پیشران که درواقع پیشران های اصلی به حساب می آیند، استخراج می شود. برای تأیید روایی محتوایی، پرسشنامه «الف» توسط ۳ نفر از اعضای هیئت علمی خبره بررسی و اصلاحات لازم در عبارات صورت گرفت. برای تعیین پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که مقدار محاسبه شده ۰,۸۳، نشانه پایایی نسبتاً مناسب ابزار جمع آوری داده هاست. با توجه به اینکه دامنه نمرات بین ۱ تا ۵ است، ازاین رو پیشران هایی که دارای میانگین بالای ۳ (هم زمان در میزان اهمیت و میزان عدم قطعیت) بودند، از اهمیت بالاتری نسبت به دیگر پیشران ها برخوردار است که این خروجی، بیانگر پیشران های اصلی در پژوهش است (طرفی و همکاران، ۱۴۰۴). جدول شماره ۳ این پیشران های اصلی را نشان می دهد.

جدول ۳. پیشران های اصلی (ورودی نرم افزار میک مک)

| نماد  | پیشران های اصلی                      |
|-------|--------------------------------------|
| VAR01 | سیاست ها و حمایت های دولتی           |
| VAR02 | توسعه و حفظ منابع انسانی متخصص       |
| VAR03 | زیرساخت های پیشرفته فناوری و داده    |
| VAR04 | آینده مشاغل و تنوع جمعیتی            |
| VAR05 | سرمایه گذاری های کلان اقتصادی        |
| VAR06 | رصدخانه ها و شتاب دهنده های فناوری   |
| VAR07 | دستیابی فناوری های نوظهور و رباتیک   |
| VAR08 | رقابت و چانه زنی کشورها در سطح جهانی |
| VAR09 | چالش های تکنیکی فناورانه             |

| نماد  | پیشران‌های اصلی                          |
|-------|------------------------------------------|
| VAR10 | تأثیرات ژئوپلیتیک                        |
| VAR11 | پایداری و مسئولیت پذیری زیست محیطی       |
| VAR12 | کاربردهای هوش مصنوعی در صنایع اولویت دار |

#### ≠ تعیین پیشران‌های کلیدی با استفاده از تحلیل ساختاری

در این بخش از تجزیه و تحلیل داده‌ها، پیشران‌های اصلی به صورت مقایسات زوجی در پرسشنامه «ب» مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند و داده‌های پرسشنامه «ب» وارد نرم افزار میک مک می‌شود که در جدول شماره ۴ اطلاعات آن موجود است. این پرسشنامه نیز توسط همان اعضای هیئت علمی بررسی و روایی محتوایی آن تأیید شد و با تعاریف دقیق از تأثیرگذاری مستقیم به خبرگان ارائه شد. با توجه به ماهیت مقایسه‌ای و ماتریسی این پرسشنامه، پایایی از طریق آزمون ضریب توافق بین خبرگان بررسی شد. مقدار ضریب کندال برابر با ۰,۷۴ بود که نشان‌دهنده توافق قابل قبول در قضاوت‌هاست. در این مرحله، تعدادی پیشران که به عنوان پیشران‌های کلیدی هستند، استخراج می‌گردد؛ بدین صورت که ۱۲ پیشران مهم تأیید شده از مرحله قبل، به صورت ماتریسی مطابق با جدول شماره ۵ وارد نرم افزار میک مک می‌شوند تا پیشران‌های کلیدی جهت تدوین سناریوها معلوم و استخراج شوند. از خبرگان خواسته شد تا تأثیر عناصر (پیشران) هر سطر را بر عناصر هر ستون با اعداد ۰ تا ۳ طبق الگوی امتیازدهی زیر مشخص کنند و سرانجام، پرسشنامه‌های جمع آوری شده از خبرگان در قالب یک ماتریس اثرات متقاطع، وارد نرم افزار میک مک شد.

جدول ۴. اطلاعات داده‌ها

| INDICATOR            | VALUE |
|----------------------|-------|
| Matrix size          | 12    |
| Number of iterations | 2     |
| Number of zeros      | 22    |
| Number of ones       | 33    |
| Number of twos       | 38    |
| Number of threes     | 51    |

| INDICATOR   | VALUE     |
|-------------|-----------|
| Number of P | 0         |
| Total       | 122       |
| Fillrate    | 84/72222% |

جدول ۵. ماتریس اثرات متقابل

| V12 | V11 | V10 | V9 | V8 | V7 | V6 | V5 | V4 | V3 | V2 | V1 |     |
|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 3   | 3   | 3   | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 0  | V1  |
| 2   | 1   | 1   | 1  | 1  | 2  | 2  | 1  | 2  | 2  | 0  | 1  | V2  |
| 3   | 2   | 3   | 2  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 0  | 3  | 2  | V3  |
| 1   | 2   | 1   | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | V4  |
| 3   | 1   | 2   | 1  | 2  | 2  | 2  | 0  | 1  | 3  | 2  | 2  | V5  |
| 3   | 1   | 2   | 3  | 2  | 3  | 0  | 3  | 2  | 3  | 3  | 2  | V6  |
| 3   | 2   | 1   | 0  | 2  | 0  | 1  | 3  | 1  | 2  | 1  | 2  | V7  |
| 1   | 0   | 2   | 0  | 0  | 3  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | V8  |
| 2   | 3   | 1   | 0  | 1  | 3  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | V9  |
| 3   | 3   | 0   | 1  | 3  | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  | 2  | 3  | V10 |
| 1   | 0   | 2   | 2  | 1  | 2  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1  | 3  | V11 |
| 0   | 2   | 3   | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | V12 |

#### ≠ پراکندگی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم متغیرها

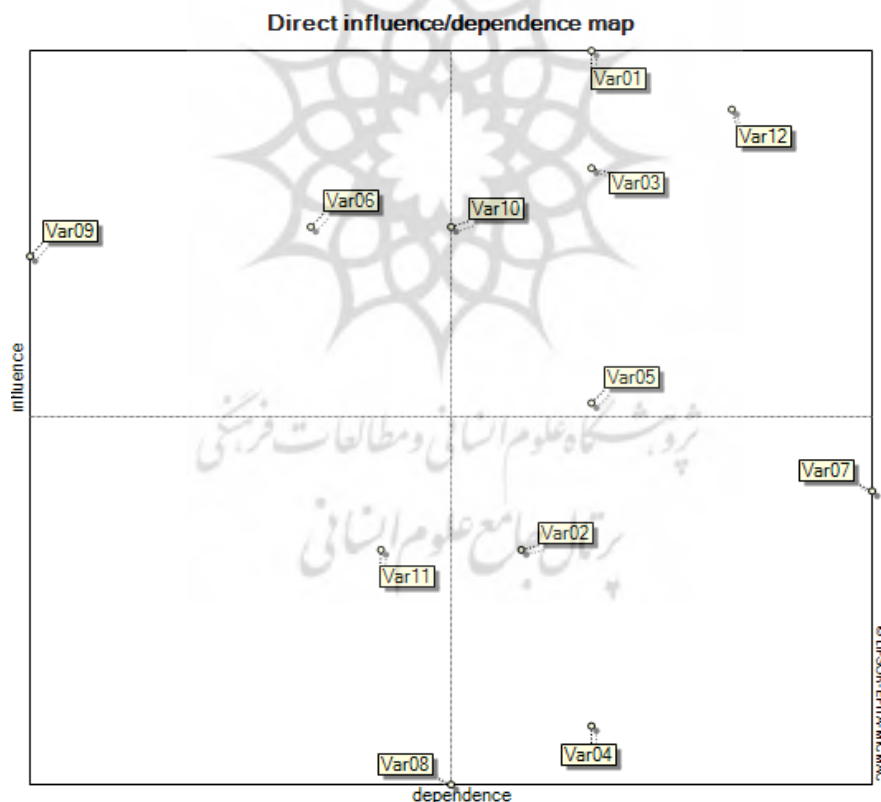
در متدولوژی آینده پژوهی ساختاری مبتنی بر میک مک که توسط میشل گوده<sup>۱</sup> بیان شده است، هدف اصلی از تحلیل ساختاری، شناسایی پیشران‌هایی است که بیشترین نقش را در شکل دهی به آینده سیستم دارند. این پیشران‌ها معمولاً در دو ناحیه از نقشه پراکندگی قرار دارند (گوده، ۲۰۰۶):

۱. متغیرهای ربع اول (بالا-چپ): این متغیرها که تأثیرگذاری بالایی بر سایر متغیرهای سیستم دارند، به دلیل اثرگذاری زنجیره‌ای و حساسیت بالا به تغییرات، به عنوان محرک‌های پویای سیستم شناخته می‌شوند.

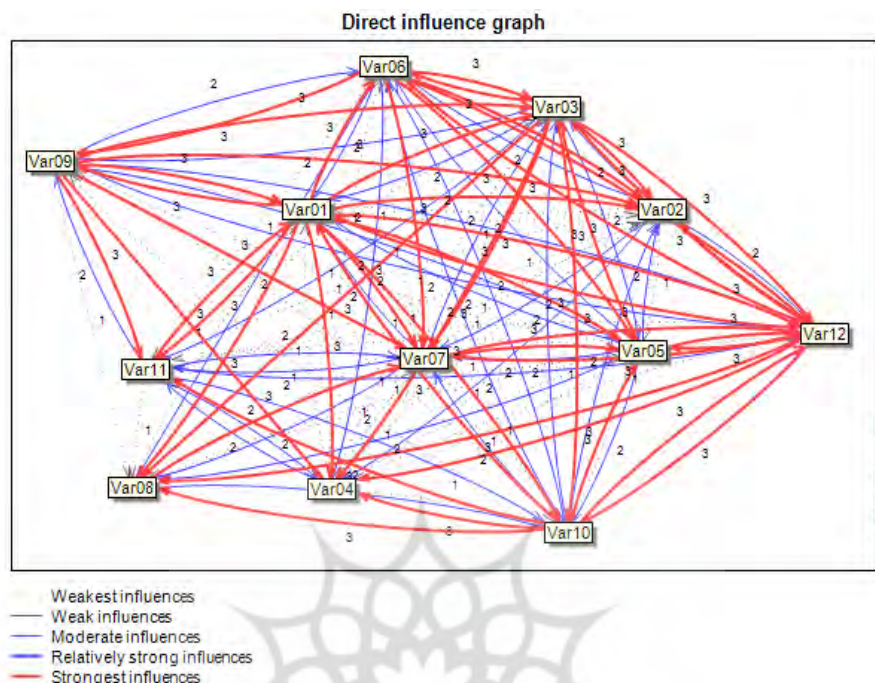
۲. متغیرهای بالای قطر اصلی در ربع دوم (بالا-راست): این متغیرها دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالا هستند. حضور آن‌ها در بالای خط قطری ربع دوم، به معنای پایداری ساختار سیستم است. در صورت حذف آن‌ها، سناریوهای ترسیم شده ممکن است بخشی از نیروهای ساختاری کلیدی را نادیده بگیرند و دچار اختلال در توازن شوند.

1. Michel Godet

حال، همان گونه که در نقشه پراکندگی حاصل از نرم افزار میک مک در نمودار ۲ و ۳ مشهود است، پیشران های کلیدی پژوهش شامل متغیرهای ۹ و ۶ در ربع اول و متغیرهای ۱۰ و ۱ و ۳ و ۱۲ در بالای قطر اصلی ربع دوم می باشند، زیرا این متغیرها بیشترین تأثیرگذاری را دارند. متغیر ۵ به دلیل قرار گرفتن در زیر قطر ربع دوم، متغیر پیوندی به حساب می آید. همچنین متغیرهای ۷ و ۲ و ۴ و ۸ متغیرهای تأثیرپذیر هستند. متغیر ۱۱ نیز به دلیل قرارگیری در ربع سمت چپ پایین، متغیر خودمختار محسوب می شود. این متغیرها با اینکه نقش کمتری در جهت دهی ساختاری سیستم ایفا می کنند، اما به عنوان پیامدهای نهایی یا بازتابی سیستم قابل تحلیل هستند. این متغیرها در طراحی مسیرهای آینده، به دلیل تأثیرپذیری زیاد و تأثیرگذاری اندک، وارد مرحله سناریونویسی در نرم افزار سناریو ویزارد نمی شوند.



نمودار ۲. پراکندگی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم متغیرها



نمودار ۳. روابط مستقیم بین متغیرها

≠ سناریونویسی در سناریو ویزارد

در این مرحله، شش پیشران کلیدی مطابق با جدول شماره ۶ که درواقع سناریوهای پژوهش، حول محور این شش پیشران تدوین می شوند، بایستی وارد نرم افزار سناریو ویزارد شوند.

جدول ۶. پیشران‌های کلیدی

| نماد | پیشران                                   |
|------|------------------------------------------|
| A    | سیاست‌ها و حمایت‌های دولتی               |
| B    | زیرساخت‌های پیشرفته فناوری و داده        |
| C    | چالش‌های تکنیکی فناوریانه                |
| D    | تأثیرات ژئوپلیتیک                        |
| E    | رصدخانه‌ها و شتاب‌دهنده‌های فناوری       |
| F    | کاربردهای هوش مصنوعی در صنایع اولویت‌دار |

در ادامه برای هر یک از این پیشران‌ها تعدادی وضعیت که مربوط به آینده‌های بدیل این پیشران‌ها در ایران است، مطرح می‌شود. هر یک از این وضعیت‌ها نقش یک متغیر را برای نرم‌افزار سناریو ویزارد بازی می‌کنند که هر کدام از آن‌ها زیرمجموعه‌ای از یک پیشران محسوب می‌شوند. جداول ۷ الی ۱۲ وضعیت هر یک از پیشران‌های کلیدی را نشان می‌دهند.

#### A: سیاست‌ها و حمایت‌های دولتی

جدول ۷. وضعیت‌های سیاست‌ها و حمایت‌های دولتی

| علامت | وضعیت | درجه مطلوبیت | شرح وضعیت                  |
|-------|-------|--------------|----------------------------|
| A1    | سبز   | مطلوب        | حمایت جامع و پایدار دولتی  |
| A2    | زرد   | ایستا        | سیاست‌های متغیر و غیرهمگون |
| A3    | قرمز  | بحرانی       | حمایت محدود و ناکافی       |

#### B: زیرساخت‌های پیشرفته فناوری و داده

جدول ۸. وضعیت‌های زیرساخت‌های پیشرفته فناوری و داده‌ها

| علامت | وضعیت | درجه مطلوبیت | شرح وضعیت                            |
|-------|-------|--------------|--------------------------------------|
| B1    | سبز   | مطلوب        | توسعه زیرساخت‌های بومی و پیشرفته     |
| B2    | زرد   | ایستا        | توسعه نسبی اما نامتوازن زیرساخت‌ها   |
| B3    | قرمز  | بحرانی       | کمبود و نارسایی در زیرساخت‌های کلیدی |

#### C: چالش‌های تکنیکی فناورانه

جدول ۹. وضعیت‌های چالش‌های تکنیکی فناورانه

| علامت | وضعیت | درجه مطلوبیت | شرح وضعیت                                 |
|-------|-------|--------------|-------------------------------------------|
| C1    | سبز   | مطلوب        | مدیریت هوشمندانه و مسئولانه تکنیکی        |
| C2    | قرمز  | بحرانی       | بی‌ثباتی و افزایش ریسک‌های ناشی از تکنیکی |

## D: تأثیرات ژئوپلیتیک

جدول ۱۰. وضعیت‌های تأثیرات ژئوپلیتیک

| علامت | وضعیت | درجه مطلوبیت | شرح وضعیت                            |
|-------|-------|--------------|--------------------------------------|
| D1    | سبز   | مطلوب        | همکاری‌های بین‌المللی و رشد متوازن   |
| D2    | زرد   | ایستا        | رشد وابسته به کشورهای خاص            |
| D3    | قرمز  | بحرانی       | انزوا و افزایش تحریم‌ها و محدودیت‌ها |

## E: رصدخانه‌ها و شتاب‌دهنده‌های فناوری

جدول ۱۱. وضعیت‌های رصدخانه‌ها و شتاب‌دهنده‌های فناوری

| علامت | وضعیت | درجه مطلوبیت | شرح وضعیت                                                |
|-------|-------|--------------|----------------------------------------------------------|
| E1    | سبز   | مطلوب        | شبکه گسترده از رصدخانه‌ها و شتاب‌دهنده‌ها                |
| E2    | زرد   | ایستا        | رشد کند اما مستمر رصدخانه‌ها و شتاب‌دهنده‌ها             |
| E3    | قرمز  | بحرانی       | کاهش حمایت‌ها و کاهش اثرگذاری رصدخانه‌ها و شتاب‌دهنده‌ها |

## F: کاربردهای هوش مصنوعی در صنایع اولویت‌دار

جدول ۱۲. وضعیت‌های کاربردهای هوش مصنوعی در صنایع اولویت‌دار

| علامت | وضعیت | درجه مطلوبیت | شرح وضعیت                                  |
|-------|-------|--------------|--------------------------------------------|
| F1    | سبز   | مطلوب        | هوش مصنوعی به‌عنوان موتور محرک صنایع کلیدی |
| F2    | زرد   | ایستا        | توسعه محدود در برخی صنایع منتخب            |
| F3    | قرمز  | بحرانی       | عدم استفاده گسترده از هوش مصنوعی در صنعت   |

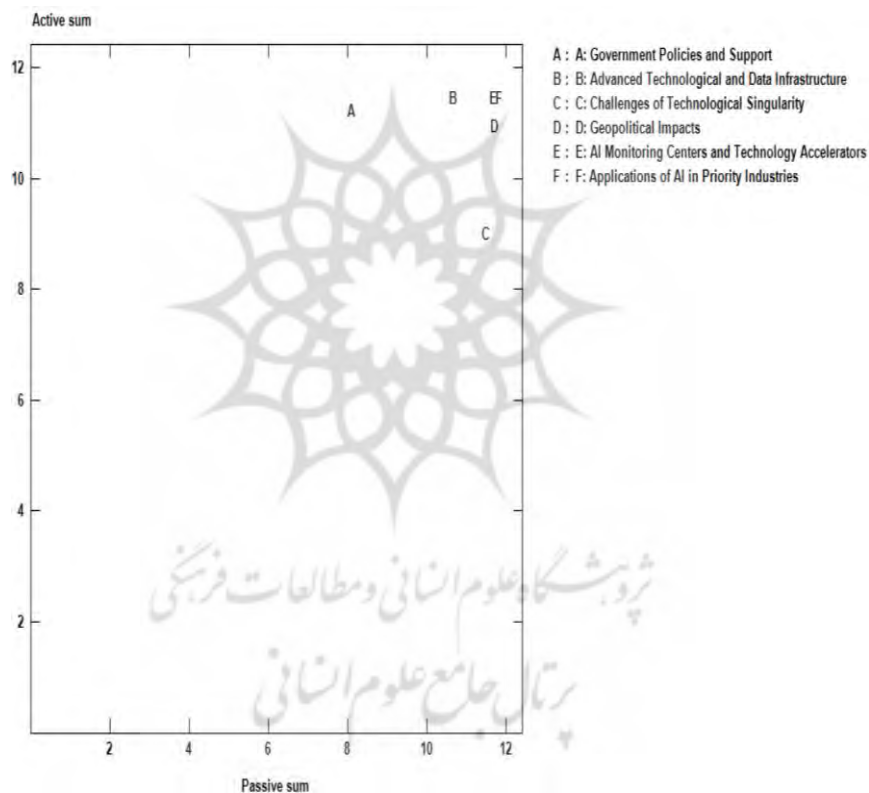
حال با توجه به جداول مربوط به وضعیت‌ها باید پرسشنامه «ج» توسط خبرگان که در ماتریس اثر متقابل را نشان می‌دهد، مطابق با جدول شماره ۱۳ تکمیل شود تا داده‌های موردنظر برای نرم‌افزار سناریو ویزارد، آماده شود. قالب و طراحی این پرسشنامه بر اساس الگوی استاندارد نرم‌افزار سناریو ویزارد تهیه و توسط ۳ نفر از اعضای هیئت علمی خبره بررسی و روایی محتوایی آن تأیید شد. برای بررسی پایایی پرسشنامه «ج» از ضریب توافق

بین ارزیاب‌ها برای سنجش میزان توافق بین خبرگان در ارزیابی سازگاری یا ناسازگاری حالات متغیرها استفاده شد که مقدار قابل قبول ۰,۷۱ به دست آمد.

جدول ۱۳. روابط اثرگذاری ماتریس اثر متقابل

|                                                              | A  |    |    | B  |    |    | C  |    | D  |    |    | E  |    |    | F  |    |    |
|--------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                                              | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | D1 | D2 | D3 | E1 | E2 | E3 | F1 | F2 | F3 |
| <b>A: Government Policies and Support</b>                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| A1: Comprehensive and Sustainable Government Support         |    |    |    | 3  | 1  | -3 | 3  | -3 | 3  | 1  | -3 | 3  | 2  | -3 | 3  | 2  | -3 |
| A2: Inconsistent and Uncoordinated Policies                  |    |    |    | 1  | 2  | -2 | 1  | -2 | 2  | 2  | -2 | 2  | 1  | -2 | 2  | 1  | -2 |
| A3: Limited and Insufficient Support                         |    |    |    | -2 | -1 | 3  | -2 | 3  | -3 | -1 | 3  | -3 | -2 | 3  | -3 | -2 | 3  |
| <b>B: Advanced Technological and Data Infrastructure</b>     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| B1: Development of Local and Advanced Infrastructure         | 3  | 1  | -2 |    |    |    | 3  | -3 | 3  | 2  | -3 | 3  | 2  | -3 | 3  | 2  | -3 |
| B2: Partial and Uneven Infrastructure Growth                 | 2  | 1  | -1 |    |    |    | 2  | -2 | 2  | 1  | -2 | 2  | 1  | -2 | 2  | 1  | -2 |
| B3: Deficiencies and Shortcomings in Key Infrastructure      | -3 | -1 | 2  |    |    |    | -3 | 3  | -3 | -2 | 3  | -3 | -2 | 3  | -3 | -2 | 3  |
| <b>C: Challenges of Technological Singularity</b>            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| C1: Responsible and Intelligent Management of Singularity    | 0  | 0  | 0  | 2  | 1  | -2 |    |    | 3  | 2  | -2 | 3  | 2  | -2 | 3  | 2  | -2 |
| C2: Instability and Rising Risks of Singularity              | 0  | 0  | 0  | -2 | -1 | 2  |    |    | -3 | -2 | 3  | -3 | -2 | 2  | -3 | -2 | 3  |
| <b>D: Geopolitical Impacts</b>                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| D1: International Cooperation and Balanced Growth            | 3  | 2  | -2 | 3  | 2  | -3 | 2  | -2 |    |    |    | 3  | 2  | -3 | 3  | 2  | -3 |
| D2: Growth Dependent on Select Countries                     | 2  | 1  | -1 | 2  | 1  | -2 | 1  | -1 |    |    |    | 2  | 1  | -2 | 2  | 1  | -2 |
| D3: Isolation and Increased Sanctions and Restrictions       | -3 | -2 | 3  | -3 | -2 | 3  | -2 | 3  |    |    |    | -3 | -2 | 3  | -3 | -2 | 3  |
| <b>E: AI Monitoring Centers and Technology Accelerators</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| E1: A Widespread Network of Innovation Hubs and Accelerators | 3  | 2  | -2 | 3  | 2  | -3 | 3  | -2 | 3  | 2  | -3 |    |    |    | 3  | 2  | -3 |
| E2: Gradual but Limited Growth of AI Accelerators            | 2  | 1  | -1 | 2  | 1  | -2 | 2  | -1 | 2  | 1  | -2 |    |    |    | 2  | 1  | -2 |
| E3: Decline in Funding and Reduced Effectiveness of AI Hubs  | -3 | -2 | 3  | -3 | -2 | 3  | -3 | 3  | -3 | -2 | 3  |    |    |    | -3 | -2 | 3  |
| <b>F: Applications of AI in Priority Industries</b>          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| F1: AI as the Driving Force Behind Key Industries            | 3  | 2  | -2 | 3  | 2  | -3 | 3  | -2 | 3  | 2  | -3 | 3  | 2  | -3 |    |    |    |
| F2: Limited Development in Selected Industries               | 2  | 1  | -1 | 2  | 1  | -2 | 2  | -1 | 2  | 1  | -2 | 2  | 1  | -2 |    |    |    |
| F3: Low AI Utilization in Key Industries                     | -3 | -2 | 3  | -3 | -2 | 3  | -3 | 3  | -3 | -2 | 3  | -3 | -2 | 3  |    |    |    |

از خروجی های نرم افزار سناریو ویزارد، شبکه سیستم سناریو است. شبکه سیستم سناریو از این جهت مهم است که میزان مطلوبیت سناریوها را بیان می دارد. بدین صورت که طبق استاندارد دی که برای نرم افزار تعریف شده است، اگر پیشران های مربوط به سناریو ویزارد در ربع بالا سمت راست قرار بگیرند، این مفهوم را بیان می دارد که سناریوها کاملاً مسیر مطلوب و درستی را دنبال کرده اند. حال با توجه به نمودار شبکه سیستم سناریو در این پژوهش (مطابق با نمودار شماره ۴)، می توان گفت که مسیر طی شده کاملاً درست و قابل اتکا است.



نمودار ۴. شبکه سیستم سناریو

خروجی بعدی سناریو ویزارد که به شدت حائز اهمیت می باشد، تابلو سناریو است که مطابق با جدول شماره ۱۴ ارائه شده است. این تابلو بیان گر نمای کلی از سناریوهای قوی

مستخرج از نرم افزار سناریو ویزارد می باشد.

جدول ۱۴. تابلوی سناریوهای توسعه هوش مصنوعی

| Scenario No. 1                                                                                                       |  |  |  | Scenario No. 2                                                                                                        |  |  |  | Scenario No. 3                                                                                     |  |  |  | Scenario No. 4                                                                |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| A: Government Policies and Support:<br>A3: Limited and Insufficient Support                                          |  |  |  | A: Government Policies and Support:<br>A1: Comprehensive and Sustainable Government Support                           |  |  |  | A: Government Policies and Support:<br>A2: Inconsistent and Uncoordinated Policies                 |  |  |  |                                                                               |  |  |  |
| B: Advanced Technological and Data Infrastructure:<br>B3: Deficiencies and Shortcomings in Key Infrastructure        |  |  |  | B: Advanced Technological and Data Infrastructure:<br>B1: Development of Local and Advanced Infrastructure            |  |  |  | B: Advanced Technological and Data Infrastructure:<br>B2: Partial and Uneven Infrastructure Growth |  |  |  |                                                                               |  |  |  |
| C: Challenges of Technological Singularity:<br>C2: Instability and Rising Risks of Singularity                       |  |  |  | C: Challenges of Technological Singularity:<br>C1: Responsible and Intelligent Management of Singularity              |  |  |  |                                                                                                    |  |  |  |                                                                               |  |  |  |
| D: Geopolitical Impacts:<br>D3: Isolation and Increased Sanctions and Restrictions                                   |  |  |  | D: Geopolitical Impacts:<br>D1: International Cooperation and Balanced Growth                                         |  |  |  | D: Geopolitical Impacts:<br>D2: Growth Dependent on Select Countries                               |  |  |  | D: Geopolitical Impacts:<br>D1: International Cooperation and Balanced Growth |  |  |  |
| E: AI Monitoring Centers and Technology Accelerators:<br>E3: Decline in Funding and Reduced Effectiveness of AI Hubs |  |  |  | E: AI Monitoring Centers and Technology Accelerators:<br>E1: A Widespread Network of Innovation Hubs and Accelerators |  |  |  |                                                                                                    |  |  |  |                                                                               |  |  |  |
| F: Applications of AI in Priority Industries:<br>F3: Low AI Utilization in Key Industries                            |  |  |  | F: Applications of AI in Priority Industries:<br>F1: AI as the Driving Force Behind Key Industries                    |  |  |  |                                                                                                    |  |  |  |                                                                               |  |  |  |

تدوین سناریوها ≠ پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

در این بخش تلاش شده است، توصیف و روایت داستانی هر سناریو، با بهره گیری از یافته های مطالعات، مصاحبه ها و نظر خبرگان، نهایی شود. روایت توصیفی هر سناریو، با بهره گیری از مباحث و دیدگاه های کیفی خبرگان نگارش شده و روایی خروجی ها از طریق رجوع به آرای خبرگان سنجیده شده است. در نگارش سناریوها کوشش شد، تحلیلی نظام مند از وضعیت هر یک از پیشران ها و عوامل کلیدی مرتبط با آن پیشران، در فضای هر یک از سناریوهای احصاء شده به دست آید.

سناریو اول: «خلأ هوش مصنوعی (رکود و بحران در توسعه هوش مصنوعی)»

این سناریو ترسیم‌گر آینده‌ای نگران‌کننده برای توسعه هوش مصنوعی در ایران تا افق ۱۴۱۴ است. در این چشم‌انداز، مجموعه‌ای از موانع ساختاری، نهادی و فناورانه باعث توقف روند رشد هوش مصنوعی می‌شوند. در بازه زمانی ابتدایی (۱۴۰۴ الی ۱۴۰۶)، با کاهش حمایت‌های دولتی و نبود سیاست‌های هماهنگ، سرمایه‌گذاری‌ها کاهش یافته و مراکز نوآوری با بحران مالی مواجه می‌شوند. تا سال ۱۴۰۸، مهاجرت نخبگان فناوری شدت می‌گیرد و گسست همکاری‌های بین‌بخشی نوآوری را تضعیف می‌کند. از سال ۱۴۰۹ به بعد، به واسطه نبود راهبرد ملی منسجم، ایران از پروژه‌های جهانی هوش مصنوعی حذف شده و محدودیت‌های ژئوپلیتیکی، انزوای فناورانه کشور را تشدید می‌کند. در همین بازه، زیرساخت‌های کلیدی همچون فضای ابری و توان پردازشی ملی به حد بحرانی رسیده و توسعه هوش مصنوعی در صنایع به‌ویژه بهداشت، انرژی و امنیت با کندی شدید مواجه می‌شود. چالش‌های تکینگی فناوری، مانند نبود چارچوب‌های اخلاقی و امنیتی، خطراتی همچون نقض حریم خصوصی و پذیرش پایین را در پی دارند. نقطه چرخش منفی اصلی این سناریو در سال ۱۴۱۰ رخ می‌دهد، زمانی که با تداوم ضعف زیرساختی و سیاسی، پذیرش هوش مصنوعی در بخش عمومی و صنعتی به حداقل می‌رسد. این نقطه شکست موجب می‌شود اکوسیستم نوآوری کشور به حالت رکود ساختاری برسد. تا سال ۱۴۱۴، ایران در مقایسه با کشورهای جهان در توسعه هوش مصنوعی دچار عقب‌ماندگی راهبردی می‌شود. این سناریو هشداردهنده است و لزوم مداخلات سریع سیاست‌گذاران را برجسته می‌کند. نقاط مداخله کلیدی در این مسیر شامل: تدوین نقشه‌راه ملی، تقویت نظام تأمین مالی فناوری، ایجاد زیرساخت‌های بومی<sup>۱</sup> HPC و پایگاه‌های داده و تسهیل تعاملات بین‌المللی است.

سناریو دوم: «رنسانس هوش مصنوعی (چشم‌انداز پایدار و پیشرو در توسعه هوش مصنوعی)»

این سناریو، بازه زمانی ۱۴۰۴ تا ۱۴۱۴ را پوشش می‌دهد و نمایانگر آینده‌ای مطلوب

---

1. High-Performance Computing

و پیشرفته برای توسعه هوش مصنوعی در ایران است. در این مسیر، مجموعه‌ای از تحولات هماهنگ و سیاست‌گذاری‌های دقیق موجب جهش فناورانه در سطح ملی شده‌اند. نقطه آغاز این سناریو از سال ۱۴۰۴ با تدوین راهبرد ملی تحول دیجیتال و تخصیص بودجه هدفمند به حوزه هوش مصنوعی شکل می‌گیرد. نقطه چرخش اصلی سناریو در سال ۱۴۰۸ روی می‌دهد؛ جایی که با شکل‌گیری یک ائتلاف بین‌المللی فناورانه، ایران به عضویت شبکه‌های جهانی داده و استانداردهای اخلاقی هوش مصنوعی درآمده و موج دوم توسعه به واسطه انتقال فناوری و جذب نخبگان آغاز می‌شود. شش پیشران کلیدی شامل: سیاست‌های حمایتی قوی دولت، زیرساخت‌های فناوری مدرن (ابر رایانه، 5G، پلتفرم‌های پردازش داده)، مدیریت هوشمند چالش‌های تکنیکی، تعاملات ژئوپلیتیکی مثبت، رصدخانه‌های ملی و مراکز شتاب‌دهی نوآوری و کاربرد گسترده هوش مصنوعی در صنایع اولویت‌دار (بهداشت، مالی، انرژی، تولید) همگی مسیر را برای شکل‌گیری یک اکوسیستم باثبات فراهم می‌کنند. در این دوره، سیاست‌های دولت به سمت سرمایه‌گذاری‌های کلان و حمایت از پروژه‌های کاربردی هدایت می‌شوند؛ شرکت‌های نوپا در فضای امن حقوقی و اقتصادی رشد کرده و بازارهای منطقه‌ای و جهانی را هدف قرار می‌دهند. تا سال ۱۴۱۲، ایران با به کارگیری هوش مصنوعی در زنجیره‌های تأمین، مدیریت منابع، خدمات عمومی و مراقبت‌های سلامت توانسته است بهره‌وری ملی را به طور محسوسی افزایش دهد. افق نهایی این سناریو در سال ۱۴۱۴ تحقق جایگاه ایران به عنوان یک قدرت نوظهور فناورانه در منطقه است. این سناریو با تکیه بر منطق سیاستی توسعه پایدار، هماهنگی بین پیشران‌ها و مدیریت هوشمند چالش‌های فناورانه، یک الگوی آرمانی و الهام‌بخش برای تصمیم‌گیران در سطوح ملی و بخشی ارائه می‌دهد.

سناریو سوم: «سراب هوش مصنوعی (رشد تدریجی و توسعه ناهمگن در هوش مصنوعی)»

این سناریو، آینده‌ای محتمل اما چالش‌برانگیز برای توسعه هوش مصنوعی در ایران را ترسیم می‌کند که از سال ۱۴۰۴ آغاز شده و تا افق ۱۴۱۴ ادامه می‌یابد. این مسیر، نمایانگر

حالتی است که در آن هوش مصنوعی در ایران نه با فروپاشی مواجه است و نه جهشی بزرگ را تجربه می‌کند، بلکه به‌صورت تدریجی، نامتوازن و همراه با نوسانات و وابستگی‌های خارجی گسترش می‌یابد. نقطه آغاز این سناریو، اجرای پراکنده سیاست‌های حمایتی دولت در اوایل دهه ۱۴۰۰ است؛ سیاست‌هایی که بدون انسجام و بدون وجود یک نقشه‌راه ملی، به‌صورت مقطعی و بدون ارتباط ساختاری با یکدیگر پیاده‌سازی می‌شوند. این وضعیت، موجب کاهش اثربخشی اقدامات شده و شکاف‌های میان زیرساختی در کشور را تشدید می‌کند. در میانه مسیر، یعنی حوالی سال‌های ۱۴۰۷ تا ۱۴۰۹، برخی سرمایه‌گذاری‌های محدود داخلی و پروژه‌های آزمایشی در حوزه‌های خاص مانند کشاورزی، سلامت و خودروسازی آغاز می‌شوند. این پروژه‌ها عمدتاً در کلان‌شهرها و مراکز رشد فناوری متمرکز بوده و سایر مناطق کشور از دسترسی برابر محروم می‌مانند. وابستگی به شرکت‌ها و فناوری‌های خارجی به‌ویژه در بخش نرم‌افزار و داده‌های آموزش یافته همچنان ادامه دارد. چالش‌های مربوط به تکنیکی فناورانه در این سناریو به‌طور نسبی و از طریق نظارت‌های موضعی مدیریت می‌شوند، اما چارچوب‌های اخلاقی و قانونی فراگیر شکل نمی‌گیرند. در نتیجه، ایمنی و اعتماد عمومی نسبت به برخی کاربردهای هوش مصنوعی پایین باقی می‌ماند. در افق نهایی (۱۴۱۴)، ایران با چشم‌اندازی مبهم از هوش مصنوعی مواجه است: در برخی صنایع خاص پیشرفت‌هایی حاصل شده اما زیرساخت ملی، دسترسی به داده، سیاست‌گذاری و حکمرانی یکپارچه بر هوش مصنوعی هنوز شکل نگرفته است. از نظر منطقه‌ای، رقابت‌پذیری ایران در این حوزه محدود مانده و توسعه هوش مصنوعی بیشتر جنبه کاربردی و نه راهبردی دارد. این سناریو برای سیاست‌گذاران یادآور این نکته است که رشد تدریجی بدون انسجام و زیرساخت منسجم، ممکن است به‌نوعی از «سراب پیشرفت» بینجامد که در آن حرکت وجود دارد، اما مقصد روشنی حاصل نمی‌شود. برای اجتناب از این مسیر، نیاز به یک بازطراحی عمیق سیاست‌های حکمرانی دیجیتال و بازمهندسی زیرساخت‌های پشتیبان احساس می‌شود.

سناریو چهارم: «معاملات هوش مصنوعی (رشد متوازن با تأکید بر همکاری‌های بین-

## المللی در توسعه هوش مصنوعی»

این سناریو آینده‌ای میان‌مدت و نسبتاً واقع‌گرایانه از توسعه هوش مصنوعی در ایران ترسیم می‌کند که از سال ۱۴۰۴ آغاز شده و تا افق ۱۴۱۴ امتداد می‌یابد. در این مسیر، ایران به‌جای رویکرد انزوایی یا جهش‌های فناورانه، با انتخاب راهبرد همکاری‌های بین‌المللی، رشد متوازن و چندلایه‌ای را تجربه می‌کند. نقطه شروع این سناریو (۱۴۰۴ تا ۱۴۰۶)، تداوم حمایت‌های دولتی پراکنده اما مؤثر در برخی حوزه‌هاست؛ گرچه سیاست‌ها هنوز به انسجام کامل نرسیده‌اند، اما حمایت‌هایی همچون تخصیص بودجه‌های پروژه‌محور، تسهیل صدور مجوزهای فناوری و معافیت‌های مالیاتی برای شرکت‌های فعال در هوش مصنوعی، نقش‌آفرینی کرده‌اند. در میانه راه (۱۴۰۶ تا ۱۴۱۰)، همکاری‌های منطقه‌ای و بین‌المللی تقویت می‌شوند؛ ایران با پیوستن به پروژه‌های مشترک در حوزه امنیت سایبری، پلتفرم‌های ابری و اشتراک داده‌ها در محیط‌های دانشگاهی به تدریج جایگاه خود را در زنجیره ارزش جهانی تثبیت می‌کند. در همین زمان، شتاب‌دهنده‌ها و مراکز نوآوری در مراکز استان‌ها توسعه می‌یابند و حمایت هدفمند از استارت‌آپ‌های مبتنی بر هوش مصنوعی آغاز می‌شود. در مرحله تثبیت نهایی (۱۴۱۰ تا ۱۴۱۴)، زیرساخت‌های فناوری پردازش داده و رایانش ابری با سرمایه‌گذاری مشترک بخش خصوصی - دولتی تقویت می‌شوند. کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه‌هایی نظیر انرژی، بهداشت، حمل‌ونقل و کشاورزی به سطح بهره‌برداری صنعتی می‌رسند. نقاط چرخش کلیدی در این دوره عبارت‌اند از: امضای توافق‌نامه‌های انتقال فناوری با کشورهای دوست؛ توسعه اولین مرکز ملی ابر پردازش ابری؛ همچنین، تدوین اولین دستورالعمل‌های حقوقی مربوط به اخلاق هوش مصنوعی با همکاری سازمان نظام صنفی رایانه‌ای. در این سناریو، برخلاف سناریوی «سراب هوش مصنوعی» که رشد ناپیوسته دارد و برخلاف سناریوی «رنسانس هوش مصنوعی» که به‌نوعی آرمانی است، توسعه بر مبنای همکاری بین‌المللی و توزیع متوازن منابع در سطح کشور انجام می‌گیرد. این مسیر با توجه به ظرفیت‌های فعلی ایران، یک گزینه محتمل و قابل تحقق تلقی می‌شود که در صورت مدیریت هوشمندانه، می‌تواند ایران را به یکی از

بازیگران مهم در اکوسیستم منطقه‌ای هوش مصنوعی تبدیل کند.

### بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با شناسایی پیشران‌ها و پالایش آن‌ها در چندین مرحله، در نهایت به ۶ پیشران کلیدی مربوط به حوزه توسعه هوش مصنوعی رسیده و با تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار سناریوویزارد به تدوین ۴ سناریوی محوری و باورپذیر هوش مصنوعی در حوزه توسعه همه‌جانبه این فناوری دست یافته است که این امر یعنی احتمال وقوع این سناریوها با توجه به شرایط ایران در افق ۱۴۱۴ امکان‌پذیر است. خلاصه‌شده سناریوها در جدول ۱۵ آمده است.

جدول ۱۵: تعاریف سناریوها

| ردیف | نام سناریو         | تعریف سناریو                                                                                 |
|------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱    | خلأ هوش مصنوعی     | تصویری چالش‌برانگیز از آینده توسعه هوش مصنوعی در ایران و یک وضعیت دشوار را ترسیم می‌کند.     |
| ۲    | رنسانس هوش مصنوعی  | توسعه هوش مصنوعی در ایران به‌صورت متوازن و پیشرفته ترسیم‌شده و آینده امیدوارکننده است.       |
| ۳    | سراب هوش مصنوعی    | توسعه هوش مصنوعی به‌طور تدریجی و با موانع مختلف روبه‌رو است و روند توسعه به‌طور محدود است.   |
| ۴    | معاملات هوش مصنوعی | حالتی تعادلی و پایدار از توسعه هوش مصنوعی را نشان می‌دهد، اما برخی پیشران‌ها غیرمنسجم هستند. |

بر اساس خروجی تحلیل نرم‌افزار سناریو ویزارد، سناریوهای نهایی پژوهش با توجه به چهار شاخص اصلی شامل وزن<sup>۱</sup>، میزان سازگاری درونی<sup>۲</sup>، میزان ناسازگاری<sup>۳</sup> و امتیاز تأثیر کل<sup>۴</sup>، ارزیابی شدند. در این تحلیل، سازگاری درونی به میزان منطبق‌پذیری انسجام و هم‌خوانی درونی میان وضعیت‌های سازنده هر سناریو اشاره دارد؛ سناریویی

1. Weight
2. Consistency value
3. Inconsistency Description
4. Total Impact Score

که از ترکیب‌های هم‌راستای پیشران‌ها شکل گرفته باشد، سازگاری بالاتری دارد. مطلوبیت راهبردی نیز بر مبنای میزان هماهنگی سناریو با اهداف کلان توسعه و قابلیت‌های بالقوه آن برای هدایت نظام تصمیم‌گیری تعریف می‌شود. تحلیل عددی این شاخص‌ها منجر به طبقه‌بندی سناریوها از نظر میزان احتمال تحقق، مطلوبیت راهبردی و سطح تهدید به شرح ذیل شده است:

≠ سناریوی شماره ۱ (خلأ هوش مصنوعی) با بیشترین وزن (۱۷۶)، امتیاز بالای تأثیر کل (۸۴) و ناسازگاری صفر، از نظر خبرگان و تحلیل نرم‌افزاری محتمل‌ترین سناریو در شرایط فعلی کشور شناخته شده است. این سناریو نشان‌دهنده شرایطی است که در آن ضعف در سیاست‌گذاری، انزوای بین‌المللی و زیرساخت‌های ناکارآمد منجر به رکود در توسعه هوش مصنوعی خواهد شد.

≠ سناریوی شماره ۲ (رنسانس هوش مصنوعی) با بالاترین ارزش سازگاری درونی (۵) و کمترین ناسازگاری، به عنوان مطلوب‌ترین سناریو از منظر راهبردی شناخته می‌شود؛ اما وزن پایین‌تر آن (۱۱۸) نسبت به سناریوی اول، نشان می‌دهد که در شرایط فعلی، دستیابی به آن نیازمند تحولات کلان و هماهنگی در سطح دولت، زیرساخت و تعاملات بین‌المللی است.

≠ سناریوهای ۳ و ۴ با ناسازگاری مفهومی و میزان سازگاری درونی منفی و نرخ ناسازگاری غیرصفر، سناریوهای میانی و گذار هستند که از ثبات تحلیلی پایین‌تری برخوردارند و کمتر مبنای تصمیم‌گیری کلان قرار می‌گیرند.

بنابراین، تفاوت در جایگاه سناریوها نه تنها ناشی از مقادیر عددی شاخص‌های تحلیلی نرم‌افزار است، بلکه ریشه در تطابق آن‌ها با واقعیت‌های نهادی، سیاستی و زیرساختی کشور دارد. سناریوی اول (خلأ هوش مصنوعی) به دلیل ضعف‌های ساختاری نظام سیاست‌گذاری دیجیتال (مانند نبود استراتژی ملی) وزن بالایی دارد و ناسازگاری صفر آن در نرم‌افزار نیز این ضعف‌ها را نشان می‌دهد. سناریوی دوم (رنسانس هوش مصنوعی) با وجود سازگاری درونی بالا، به دلیل «فاصله سیاستی بالا» با

شرایط فعلی (فقدان اکوسیستم نوآوری باز و غیره)، احتمال تحقق کمتری دارد. سناریوهای سوم و چهارم ناسازگاری دارند، زیرا وضعیت‌های متضادی مانند تقویت حمایت دولتی و رشد پراکنده زیرساخت هم‌زمان وجود دارند. این نکات نشان می‌دهد که نرم‌افزار تنها روابط سیستمی وضعیت‌ها را پردازش نمی‌کند، بلکه بازتاب‌دهنده ترکیبی از محتواهای سیاسی و نهادی موجود در ماتریس اثرات متقابل نیز هست؛ بنابراین، نه تنها تفسیر رتبه‌بندی سناریوها از تحلیل کمی نرم‌افزار ناشی می‌شود، بلکه هم‌راستای سیاست‌های جاری، شرایط واقعی و نهادهای بالفعل کشور نیز هست. بر این اساس، پژوهش حاضر توصیه می‌کند سناریوی اول به عنوان سناریوی هشدار<sup>۱</sup> و سناریوی دوم به عنوان سناریوی هدف<sup>۲</sup> در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری ملی توسعه هوش مصنوعی مبنای قرار گیرند. این تفکیک می‌تواند به نهادهای تصمیم‌گیر در طراحی استراتژی‌های اجتناب از رکود و نقشه‌راه دستیابی به شکوفایی کمک نماید.

در ادامه باید بیان داشت که پژوهش حاضر در مقایسه با مطالعات پیشین، با تمرکز بر آینده توسعه کلان هوش مصنوعی در ایران و با بهره‌گیری از روش‌های تحلیلی ساختاری شامل میک‌مک و سناریو ویزارد، گامی فراتر از تحلیل‌های بخشی و موردی برداشته است. درحالی‌که در اکثر پژوهش‌های گذشته، آینده‌پژوهی هوش مصنوعی محدود به حوزه‌های خاص بوده است مانند: میرزایی (۱۴۰۳) در زمینه زیست‌انسانی، ضیغمی و همکاران (۱۴۰۳) در حوزه حکمرانی ملی، محمدی‌زنجیره و همکاران (۱۴۰۲) در زمینه آموزش، تراجیلو کابزاس (۲۰۲۴) در زمینه بی‌ثباتی اجتماعی، منزیس و همکاران (۲۰۲۴) در حوزه تجارت بین‌الملل، کاراسکو و ایسلام (۲۰۲۴) در زمینه آموزش و حمل‌ونقل و الهی و همکاران (۲۰۲۳) در حوزه شهرهای هوشمند؛ بنابراین، تمرکز اصلی این پژوهش بر تحلیل یکپارچه و بین‌بخشی از پیشران‌های کلان تأثیرگذار بر آینده توسعه هوش مصنوعی در سطح ملی بوده است. یافته نوآورانه این پژوهش، ارائه یک مدل ترکیبی از تحلیل ساختاری و سناریونویسی مبتنی بر داده‌های خبرگانی

1. Risk Scenario

2. Desirable Scenario

برای توسعه سناریوهای تصمیم‌پذیر در مقیاس ملی است؛ مدلی که توانسته سناریوهای کمی‌شده، سازگار و قابل رتبه‌بندی برای توسعه هوش مصنوعی تدوین کند. از منظر شکاف علمی نیز، این پژوهش خلأ موجود در ادبیات داخلی را که عمدتاً بر تحلیل‌های موضوع‌محور و بخشی (مانند آموزش، سلامت یا حکمرانی) متمرکز بودند، پوشش می‌دهد و به جای اتکا به سناریونویسی شهودی یا روایت‌محور، از روش‌شناسی ساختاری و قابل بازتولید بهره می‌گیرد. در نتیجه، درحالی که ممکن است برخی اشتراک‌های مفهومی در سطح پیشران‌ها میان این پژوهش و مطالعات پیشین وجود داشته باشد، اما سطح تحلیل ملی و فرابخشی، رویکرد سنجش‌پذیر و مدل‌محور و کاربرد مستقیم در سیاست‌گذاری کلان، پژوهش حاضر را از نظر نوآوری نظری، روش‌شناختی و راهبردی متمایز می‌سازد. این مدل می‌تواند مبنای طراحی نقشه‌راه هوش مصنوعی در ایران و الگویی قابل تطبیق برای سایر کشورهای در حال توسعه باشد. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که مسیر توسعه هوش مصنوعی در ایران نه یک روند از پیش تعیین‌شده، بلکه یک انتخاب راهبردی است که به طور مستقیم به نحوه تصمیم‌گیری نهادهای ملی، کیفیت سیاست‌گذاری‌ها و انسجام نهادی وابسته است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در میان سناریوهای چهارگانه شناسایی‌شده، سناریوی اول (خلأ هوش مصنوعی) از نظر وزن عددی، محتمل‌ترین وضعیت در شرایط فعلی ایران است و سناریوی دوم (رنسانس هوش مصنوعی) با بیشترین میزان سازگاری درونی، مطلوب‌ترین وضعیت از منظر راهبردی محسوب می‌شود. این پژوهش از منظر عملیاتی، با ارائه بسته‌ای از راهکارهای مشخص، تلاش کرده است تا مسیر گذار از سناریوهای بحران‌محور به سمت سناریوهای مطلوب‌تر را برای سیاست‌گذاران روشن سازد. به ویژه در سناریوی چهارم (معاملات هوش مصنوعی) که به عنوان مسیر واقع‌گرایانه و متعادل میان وضع موجود و آرمان‌گرایی ترسیم‌شده، تحقق آن نیازمند اصلاحات نهادی، تقویت تعاملات فرابخشی و شکل‌گیری نظام‌های هماهنگ سیاست‌گذاری میان نهادهایی چون وزارت ارتباطات، معاونت علمی ریاست جمهوری،

وزارت علوم و نهادهای بخش خصوصی است؛ بنابراین، دستیابی به سناریوی مطلوب، نیازمند طراحی و اجرای یک برنامه جامع و مرحله‌بندی‌شده است که در آن توسعه زیرساخت‌های داده‌ای، تدوین چارچوب‌های اخلاقی و حقوقی، جذب و نگهداشت استعداد انسانی، تقویت همکاری‌های علمی و بین‌المللی و تسهیل فعالیت استارت‌آپ‌ها، به صورت هم‌زمان و هماهنگ دنبال شود. اگر چنین رویکردی در سیاست‌گذاری اتخاذ نشود، سناریوهای ناهمگون یا بحرانی به راحتی می‌توانند بر مسیر آینده غالب شوند. به عبارت دیگر، آینده هوش مصنوعی در ایران حاصل تصمیمات امروز است؛ تصمیم‌هایی که اگر به صورت هماهنگ، علمی و مبتنی بر شواهد اتخاذ نشوند، فرصت‌های طلایی این فناوری را به تهدیدهای پنهان بدل خواهند کرد.

حال با توجه به یافته‌های پژوهش می‌توان گفت که هر یک از سناریوها فرصت‌ها و تهدیدهای متفاوتی برای آینده توسعه هوش مصنوعی در ایران ارائه می‌دهند. این تحلیل سناریویی باعث پیشنهاد راهکارهای مختلفی برای هر سناریو به شرح ذیل می‌شود:

#### راهکارهای مقابله با سناریوی اول:

- ≠ تدوین برنامه ملی توسعه هوش مصنوعی با حمایت مالی و زیرساختی.
- ≠ ایجاد صندوق سرمایه‌گذاری دولتی و خصوصی برای استارت‌آپ‌های هوش مصنوعی.
- ≠ ضرورت توجه به توسعه ظرفیت‌های پردازی ملی مانند بررسی امکان ایجاد ابررایانه ملی و تقویت زیرساخت‌های پردازش ابری داخلی.
- ≠ ارتقای زیرساخت‌های انتقال داده با توجه به برنامه‌ریزی مرحله‌ای برای توسعه فناوری‌هایی مانند 5G و فیبر نوری با اولویت‌دهی به مناطق صنعتی و مراکز نوآوری.
- ≠ توسعه بانک داده ملی برای هوش مصنوعی جهت دسترسی به داده‌های کلیدی.
- ≠ ایجاد مرکز ملی نظارت بر هوش مصنوعی برای کنترل ریسک‌های فناوری.
- ≠ توسعه همکاری‌های علمی با کشورهای دوست مانند روسیه، چین و هند.

- ≠ مشارکت در پروژه‌های متن‌باز بین‌المللی برای دور زدن تحریم‌ها.
- ≠ افزایش بودجه مراکز رشد و شتاب‌دهنده‌های هوش مصنوعی.
- ≠ ایجاد برنامه ملی تحول دیجیتال برای ادغام هوش مصنوعی در صنایع کلیدی.
- ≠ حمایت مالی از صنایع برای استفاده از هوش مصنوعی از طریق وام‌های کم‌بهره و مشوق‌های مالیاتی.
- ≠ برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی برای مدیران صنعتی جهت افزایش آگاهی از کاربردهای هوش مصنوعی.

#### راهکارهای تحقق سناریوی دوم:

- ≠ تدوین استراتژی ملی هوش مصنوعی شامل سیاست‌های حمایتی بلندمدت، مقررات شفاف و مشوق‌های تحقیقاتی.
- ≠ سرمایه‌گذاری گسترده در زیرساخت‌های محاسباتی شامل توسعه شبکه 5G، پردازش ابری و ایجاد مراکز داده پیشرفته.
- ≠ پرورش نیروی انسانی متخصص از طریق اصلاح برنامه‌های آموزشی دانشگاهی، ایجاد دوره‌های عملی و همکاری‌های علمی بین‌المللی.
- ≠ توسعه اکوسیستم نوآوری و استارت‌آپ‌ها از طریق حمایت از شتاب‌دهنده‌ها، پارک‌های فناوری و تأمین سرمایه برای شرکت‌های دانش‌بنیان.
- ≠ تدوین استانداردهای اخلاقی و نظارتی برای اطمینان از استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی و کاهش ریسک‌های اجتماعی و امنیتی.
- ≠ تقویت همکاری‌های بین‌المللی از طریق مشارکت در پروژه‌های تحقیقاتی جهانی و همکاری با کشورهای پیشرو در این حوزه.
- ≠ کاربرد هوش مصنوعی در صنایع کلیدی از جمله سلامت، انرژی، کشاورزی و خدمات مالی برای افزایش بهره‌وری و نوآوری.
- ≠ حمایت از پژوهش‌های علمی پیشرفته با تأمین بودجه برای تحقیقات بنیادی و کاربردی در حوزه هوش مصنوعی.

- راهکارهای تقویت روند توسعه و کاهش چالش‌های سناریوی سوم:
- ≠ ایجاد کمیته‌های تخصصی بین‌دستگاهی برای هماهنگی سیاست‌ها در حوزه هوش مصنوعی.
  - ≠ تعیین یک نهاد دولتی یا موسسه ملی برای تدوین و نظارت بر سیاست‌های هوش مصنوعی.
  - ≠ تصویب برنامه‌های حمایتی برای استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فعال در زمینه هوش مصنوعی.
  - ≠ توسعه و بهبود شبکه‌های ارتباطی و داده‌ای در سطح ملی برای دسترسی بهتر به داده‌های باکیفیت.
  - ≠ تشویق به سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی برای ساخت مراکز پردازش داده و ابر کامپیوترهای ملی.
  - ≠ همکاری با شرکت‌های فناوری جهانی برای انتقال دانش و فناوری‌های نوین در زمینه زیرساخت‌های داده‌ای.
  - ≠ توسعه برنامه‌های آموزشی و پژوهشی برای درک بهتر مسائل اخلاقی و اجتماعی ناشی از تکنیکی.
  - ≠ تنظیم مقررات دقیق در مورد استفاده از هوش مصنوعی برای جلوگیری از بروز مشکلات امنیتی و اجتماعی.
  - ≠ ایجاد نهادهای نظارتی و مشورتی برای پایش و ارزیابی تأثیرات هوش مصنوعی و تکنیکی بر صنایع و بازار کار.
  - ≠ توسعه همکاری‌های دوطرفه با کشورهای مختلف به‌ویژه در زمینه تبادل دانش و فناوری‌های نوین.
  - ≠ تقویت ظرفیت‌های داخلی برای تحقیق و توسعه در زمینه هوش مصنوعی از طریق مراکز علمی و پژوهشی مستقل.
  - ≠ حمایت از پروژه‌های مشترک بین‌المللی در حوزه هوش مصنوعی که به تقویت

موقعیت ایران در بازار جهانی کمک کند.

≠ تأسیس مراکز نوآوری و شتاب‌دهنده‌های فناوری در سراسر کشور، به‌ویژه در مراکز دانشگاهی و مناطق صنعتی.

≠ حمایت از استارت‌آپ‌ها و کسب‌وکارهای نوپای هوش مصنوعی از طریق تخصیص منابع مالی، آموزش و مشاوره.

≠ تقویت همکاری‌های بین دانشگاه‌ها، صنایع و استارت‌آپ‌ها برای توسعه فناوری‌های نوآورانه در حوزه هوش مصنوعی.

≠ شناسایی صنایع اولویت‌دار مانند خودروسازی، بهداشت و درمان، کشاورزی و انرژی و ایجاد برنامه‌های خاص برای ادغام هوش مصنوعی در فرآیندهای تولیدی و مدیریتی آن‌ها.

≠ حمایت از تحقیق و توسعه در صنایع اولویت‌دار برای استفاده بهینه از هوش مصنوعی و داده‌های بزرگ.

≠ ایجاد پلتفرم‌های ملی و بین‌المللی برای اشتراک‌گذاری تجربیات و فناوری‌های جدید در این حوزه‌ها.

راهکارهای تحقق سناریوی چهارم:

≠ تدوین برنامه‌های راهبردی منسجم برای حمایت از توسعه هوش مصنوعی با مشارکت وزارتخانه‌های مختلف.

≠ حمایت از بخش خصوصی و استارت‌آپ‌ها از طریق مشوق‌های مالی و قوانین ساده برای جذب سرمایه‌گذاری و تأسیس شرکت‌های نوآور.

≠ سرمایه‌گذاری در مراکز پردازش داده و ابر داده‌ها برای ارائه زیرساخت‌های نوین برای هوش مصنوعی.

≠ تشویق به ایجاد استانداردهای داده‌ای برای دستیابی به داده‌های معتبر و قابل استفاده در الگوریتم‌های هوش مصنوعی.

≠ ایجاد مراکز پژوهشی تخصصی برای بررسی و مدیریت مسئولانه چالش‌های ناشی

از تکنیکی و ایجاد استراتژی‌های محافظتی.

≠ امضای توافق‌نامه‌های همکاری با کشورهای پیشرفته برای انتقال دانش و تجربیات در زمینه‌های مختلف.

≠ ایجاد پروژه‌های مشترک در سطح بین‌المللی برای استفاده بهینه از هوش مصنوعی در صنایع مختلف.

≠ ایجاد شبکه‌های نوآوری و شتاب‌دهنده‌های تخصصی در زمینه هوش مصنوعی.  
≠ ترویج همکاری‌های بین‌صنعتی برای استفاده از هوش مصنوعی در فرآیندهای تولید، مدیریت زنجیره تأمین و بهبود کیفیت خدمات.

این پژوهش، گرچه با تمرکز بر بستر بومی ایران طراحی و اجرا شده است، اما تلاش کرده است تا سناریوهای توسعه هوش مصنوعی را بر اساس واقعیت‌های نهادی، سیاستی و زیرساختی خاص ایران ترسیم کند. برای نمونه، نقش محوری دولت در توسعه فناوری، محدودیت‌های ناشی از تحریم، وابستگی به زیرساخت‌های وارداتی، پراکندگی سیاست‌گذاری فناوری و ضعف در پیوستگی نهادی میان نهادهای پژوهشی، صنعتی و حکمرانی، به‌طور مستقیم در تدوین سناریوها لحاظ شده‌اند. در سناریوی «خلأ هوش مصنوعی»، اثر فقدان استراتژی ملی و پراکندگی سیاست‌ها در رکود فناوری منعکس شده است، درحالی‌که سناریوی «رنسانس هوش مصنوعی» مستلزم اصلاحات نهادی، هماهنگی ساختارهای تصمیم‌گیری و توسعه زیرساخت‌های بومی دیجیتال است. همین رویکرد تحلیلی بر مبنای چارچوب نظری آینده‌پژوهی ساختاری و مبتنی بر ماتریس اثرات متقابل، امکان سنجش واقع‌بینانه پیامدها در شرایط ایران را فراهم کرده است.

درعین حال، از منظر مفهومی، روشی و راهبردی، نتایج این پژوهش از ظرفیت بالایی برای تعمیم به سایر کشورهای در حال توسعه برخوردار است. بسیاری از این کشورها نیز با چالش‌هایی مشابه مانند ضعف زیرساخت‌های فناوری، نبود چارچوب‌های حکمرانی منعطف و محدودیت‌های بین‌المللی مواجه‌اند؛ بنابراین، مدل

سناریونویسی ارائه شده در این پژوهش، می تواند الگویی تطبیق پذیر برای طراحی آینده توسعه هوش مصنوعی در کشورهای گذار به شمار آید و به پر کردن شکاف بین مدل های جهانی توسعه و نیازهای خاص کشورهای با بسترهای نهادی شکننده یا نیمه توسعه یافته کمک کند.

پژوهش حاضر با محدودیت های چندوجهی روبرو است از جمله: کمبود داده های دقیق و به روز در حوزه پویای هوش مصنوعی می تواند دقت سناریوها را مخدوش سازد؛ محدودیت در دامنه و تنوع مشارکت خبرگان، به دلیل کمبود دیدگاه های تخصصی، اجرایی و بین المللی، بر غنای تحلیل اثرات متقابل پیشران ها تأثیر منفی می گذارد؛ ناپایداری های سیاسی و اقتصادی ایران می تواند تحقق سناریوهای پیش بینی شده را با موانع عملی مواجه کند؛ ضعف زیرساخت های دیجیتال نظیر پهنای باند و امنیت سایبری می تواند مانع از پیاده سازی مؤثر سناریوها شود؛ رویکرد محافظه کارانه در تصمیم گیری های کلان، ممکن است مانع از پذیرش و اجرای سناریوهای نوآورانه شود؛ فقدان همکاری های بین رشته ای، جامعیت و یکپارچگی سناریوها را محدود می سازد؛ پویایی بالای متغیرهای کلیدی، مانند سیاست های دولتی و شرایط ژئوپلیتیک، ضرورت بازبینی و به روزرسانی مداوم سناریوها را ایجاب می کند؛ در نهایت، وابستگی به فناوری های خارجی ممکن است استقلال و پایداری توسعه هوش مصنوعی در ایران را به خطر اندازد؛ بنابراین، این محدودیت ها، ضرورت طراحی دقیق پژوهش های آتی و ارائه راهکارهای عملی برای کاهش اثرات آن ها را دوچندان می سازد. مطالعات آتی می توانند بر توسعه سناریوهای تفصیلی در حوزه های خاص هوش مصنوعی از جمله آموزش، سلامت، امنیت، کشاورزی، کسب و کار و غیره متمرکز شوند. همچنین، تحقیقات آتی می توانند از رویکردهای تلفیقی مانند: تحلیل روندها برای وزن دهی واقع گرایانه به آینده های ممکن، دلفی ساختاریافته چندمرحله ای برای اعتبارسنجی پیشران ها و مدل سازی سیستم پویایی برای بررسی تأثیرات متقابل بلندمدت پیشران ها بهره بگیرند.

### تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

### سپاسگزاری

از تمام افرادی که در انجام این پژوهش، نویسندگان را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

### ORCID

Hossein Mohebbi



<http://orcid.org/0000-0003-3859-8936>

Saeid Torfi



<https://orcid.org/0009-0002-3913-6282>



## Reference

1. Alahi, M.E.E., Sukkuea, A., Tina, F.W., Nag, A., Kurdthongmee, W., Suwannarat, K., & Mukhopadhyay, S.C. (2023). Integration of IoT-Enabled Technologies and Artificial Intelligence (AI) for Smart City Scenario: Recent Advancements and Future Trends. *Sensors*, 23(11), 5206. <https://doi.org/10.3390/s23115206>
2. Awan, U., Shamim, S., Khan, Z., Zia, N.U., Shariq, S.M., & Khan, M.N. (2021). Big data analytics capability and decision-making: The role of data-driven insight on circular economy performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 168, 120766. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120766>
3. Bashiri, H. (2021). Artificial intelligence observatory of Economic Cooperation and Development Organization. *Scientific Quarterly for Promotion of Science*, 10(21), 90-105. <https://sid.ir/paper/1035614/fa>. [In Persian].
4. Carrasco Ramirez, J.G., & Islam, M. (2024). Application of Artificial Intelligence in Practical Scenarios. *Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS) ISSN:3006-4023*, 2(1), 14–19. <https://doi.org/10.60087/jaigs.v2i1.41>
5. Charmchi, S., Kiani pour, P. and Mashayekh, J. (2023). Prediction and Navigation of World Technology Futures. *Science and Technology Policy Letters*, 13(2), 121-147. <https://doi.org/20.1001.1.24767220.1402.13.2.6.0>. [In Persian].
6. De Jonge, D., Baarslag, T., Aydoğan, R., Jonker, C., Fujita, K., & Ito, T. (2019). The Challenge of Negotiation in the Game of Diplomacy. In M. Lujak (Ed.), *Agreement Technologies: 6th International Conference, AT 2018, Revised Selected Papers* (pp. 100-114). (*Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Vol. 11327 LNAI). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-17294-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-17294-7_8)
7. De Spiegeleire, S., Matthijs M., & Tim Sweijs, H. (2017). AI –Today and tomorrow: Artificial Intelligence and the future of defence: Strategic implications for small and medium sized force providers. *Hague Centre for Strategic Studies*. <http://www.jstor.com/stable/resrep12564.8>
8. Dellot, B., & Wallace-Stephens, F. (2017). The age of automation. *Artificial intelligence, robotics and the future of low-skilled work*, 44. <https://www.thersa.org/globalassets/pdfs/reports/theautomation-report.pdf>

9. Dirican, C. (2015). The impacts of robotics, artificial intelligence on business and economics. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 195, 564-573. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.134>
10. Fahey, L., & Randall, R. M. (Eds.). (1997). *Learning from the future: Competitive foresight scenarios*. John Wiley & Sons. ISBN-10: 9780471303527
11. Fakhrai, M., & Ki-Qabadi, M. (2014). Looking at future research methods: introducing six important and widely used techniques in future research. Tehran: Einde Pazheh Publications. <https://doi.org/10.22034/sspp.2023.2005798.3443>. [In Persian].
12. Falkenreck, C., & Wagner, R. (2017). The internet of things – Chance and challenge in industrial business relationships. *Industrial Marketing Management*, 66, 181–195. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.08.007>
13. Fartash, K., Kheiri, E., & Hadi, N. (2024). Exploring Future Scenarios of Artificial Intelligence Development: a Media Scanning Approach. *Industrial Management Journal*, 16(3), 361- 397. <https://doi.org/10.22059/IMJ.2024.375152.1008148>. [In Persian].
14. Fertash, K., Khayatan Yazdi, M., Ghorbani, A. (2021). Iran's renewable energy development scenarios in the horizon of 1420 with a forward-looking approach. *Futures of Management Quarterly*, 32(4), 153-138. <https://doi.org/10.30495/jmfr.2022.19496>. [In Persian].
15. Francis, J. J., Johnston, M., Robertson, C., Glidewell, L., Entwistle, V., Eccles, M. P., & Grimshaw, J. M. (2010). What is an adequate sample size? Operationalising data saturation for theory-based interview studies. *Psychology and health*, 25(10), 1229-1245. <https://doi.org/10.1080/08870440903194015>
16. Fu, Z., Barbara, A., & Scupelli, P. (Eds.). (2025). *Digital futures in human-computer interaction: Design thinking for digital transformation* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781032693606>
17. Godet, M. (2006). *Creating Futures: Scenario Planning as a Strategic Management Tool*. Economica. ISBN-10: 2717852441
18. Guni, A., Varma, P., Zhang, J., Fehervari, M., & Ashrafian, H. Artificial Intelligence in Surgery: The Future Is Now. *Eur Surg Res* (2024) 65 (1): 22–39. <https://doi.org/10.1159/000536393>
19. Inayatullah, S. (2008). Six Pillars: Futures Thinking for Transforming. *Foresight*, 10(1), 4-21. <https://doi.org/10.1108/14636680810855991>
20. Inayatullah, S. (2004). Causal layered analysis: Theory, historical context, and case studies. In *The causal layered analysis reader*:

Theory and case studies of an integrative and transformative methodology (pp. 1-52). Tamkang University Press. ISBN: 957907885

21. Johnson, J. (2019). Artificial intelligence & future warfare: implications for international security *Defense & Security Analysis*, 35: 1-23. <https://doi.org/10.1080/14751798.2019.1600800>
22. Kelly, K. (2017). *The inevitable: Understanding the 12 technological forces that will shape our future*. Penguin. <https://doi.org/10.1080/24751448.2017.1292803>
23. Kopka, A., & Grashof, N. (2022). Artificial intelligence: Catalyst or barrier on the path to sustainability? *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121318. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121318>
24. Meiring, C., Dixit, A., Harris, S., MacCallum, N. S., Brealey, D. A., Watkinson, P. J., ... & Ercole, A. (2018). Optimal intensive care outcome prediction over time using machine learning. *PloS one*, 13(11), e0206862. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206862>
25. Menzies, J., Sabert, B., Hassan, R., & Mensah, P. (2024). Artificial intelligence for international business: Its use, challenges, and suggestions for future research and practice. *Thunderbird Int, Bus, Rev*, 66, 185–200. <https://doi.org/10.1002/tie.22370>
26. Mir, MM., Mir, GM., Raina, NT., Mir, SM., Mir, SM., Miskeen, E., Alharthi, MH., & Alamri, MMS. (2023). Application of Artificial Intelligence in Medical Education: Current Scenario and Future Perspectives. *J Adv Med Educ Prof*, 11(3), 133- 140. <https://doi.org/10.30476/JAMP.2023.98655.1803>.
27. Mirzaei, A. (1403). Future scenarios of the impact of artificial intelligence on various dimensions of human life. *Quarterly Journal of Strategic Future Studies*, 3(9), 7-30. <https://doi.org/20.1001.1.28212592.1403.5.5.2>
28. Mohamed Hashim, M. A., Tlemsani, I., & Matthews, R. (2021). Higher education strategy in digital transformation. *Education and Information Technologies*, 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10739-1>
29. MohammadHosseini, B., Hadizadeh, M., & Khaflehashi, S. F. (2020). Drivers of sustainable cyber delivery in government using artificial security methods. *Iran's Future Research Quarterly*, 5(2), 35-65. <https://doi.org/10.30479/jfs.2021.14002.1221>. [In Persian].
30. Mohammadi Zanjireh M., Mortazavi, S.M., & Hadizadeh, M. (2024). Futures studies for development of smart education considering the

- role of new technologies. *Journal of Applied Educational Leadership*, 5(1), 176-194. <https://doi.org/10.22098/AEL.2024.14391.1401>. [In Persian].
31. Mowlaei, M. (2022). Future technology in Iranian science fiction cinema, techno-friendly or techno-phobic. *Future Studies of Iran*, 6(2), 199-219. <https://doi.org/10.30479/jfs.2022.16161.1330>. [In Persian].
32. Qiyasi Fard, N., Mohebbi, H., & Nabi Meybodi, M. (2023). Analysis of barriers to entrepreneurship development in deprived areas using Delphi and ANP methods. *Journal of Entrepreneurship Development*. 16(1), 61-76. <https://doi.org/10.22059/jed.2023.348813.654053> [In Persian].
33. Russell, S.J., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson. <https://thuvienso.hoasen.edu.vn/handle/123456789/8967>
34. Shaddel, A. (2023). The future of management and decision-making with the S deployment of artificial intelligence systems. *Strategic Futures Research Quarterly*, 2(5), 115-130. <https://doi.org/20.1001.1.28212592.1402.2.5.5.2> [In Persian].
35. Torfi, S., Mohebbi, H. and Babaei meybodi, H. (2025). Identification and Structural Analysis of Drivers Influencing the Future of Renewable Energy Technologies in Iran (Case Study: Solar Energy). *Journal of sustainable Energy Systems*, 4(3). doi: 10.22059/ses.2025.388342.1112
36. Trujillo-Cabezas, R. (2024). Investigating the relationship between foresight methods and artificial intelligence to strengthen collective future-building in areas of social instability. *Foresight*, 27 (2), 267–305. <https://doi.org/10.1108/FS-11-2023-0231>
37. Van der Heijden, K. (2005). *Scenarios: the art of strategic conversation*. John Wiley & Sons. ISBN: 978-0-470-02368-6
38. Wajcman, J. (2017). Automation: is it really different this time? *The British journal of sociology*, 68(1), 119-127. <https://doi.org/10.1111/1468-4446.12239>
39. Wamba, S.F., Bawack, R.E., Guthrie, C., Queiroz, M.M., & Carillo, K.D.A. (2021). Are we preparing for a good AI society? A bibliometric review and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 164, 120482. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120482>
40. Yousefi, M., Ghorbanpour Yami, M., & Hajiani, E. (2023). Imaging the capabilities and functions of the future of robotics in the horizon of

1414. *Crisis Management and Emergency Situations*, 1(4), 161–188.  
DOR: <https://doi.org/20.1001.1.27173674.1402.4.1.6.1>. [In Persian].
41. Zeighami, R., hariri, H. and Eivazi, M. (2024). Artificial Intelligence and Its Function in Futures Studies: Focusing on the Domain of Watching (Scanning and Monitoring). *Strategic Futures Studies*, 3(10), 75-96.  
<https://doi.org/20.1001.1.28212592.1403.3.10.4.8> [In Persian].
42. Zhang, C., & Lu, Y. (2021). Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects. *Journal of Industrial Information Integration*, 23, 100224. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100224>



**استناد به این مقاله:** محبی، حسین، طرفی، سعید. (۱۴۰۴). آینده پژوهی توسعه هوش مصنوعی در ایران با رویکرد سناریونویسی، *مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند*، ۱۴(۵۳)، ۱۵۹-۲۰۴. DOI: 10.22054/ims.2025.84715.2597



Journal of Business Intelligence Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License..